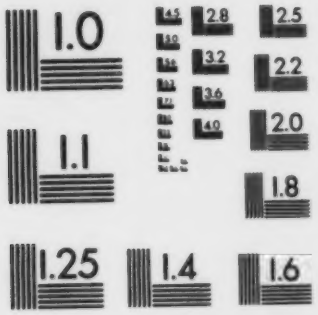
MS109

Micromedia Limited



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1010a
(ANSI and ISO TEST CHART No. 2)

This statement was filmed with this document.
If the pages of the document are less clear
than this statement it is due to the poor
photographic quality of the document.

NATIONAL MICROGRAPHICS ASSOCIATION

24x

Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement

Environment Canada
Environmental Protection Service

collection
ENVIROGUIDE

LE PHÉNOL

Canada

juin 1985

86-03118/

COLLECTION «ENVIROGUIDE»

La collection «Enviroguide» est constituée de guides d'information technique à utiliser en cas de déversements de matières dangereuses. Chaque guide fournit une masse considérable d'information relative au produit chimique dont il traite. L'information ainsi présentée a pour but d'aider l'utilisateur à mettre sur pied un plan d'intervention en cas d'accident et à évaluer les incidences sur l'environnement que peut avoir tel ou tel polluant. Le contenu de chacun des guides a été vérifié par la Direction des services techniques du Service de la protection de l'environnement avant que ne soit autorisée sa publication. Il est à noter qu'une telle autorisation n'implique pas que le contenu des guides reflète les points de vue ou la politique du Service de la protection de l'environnement. De même, le fait de mentionner des marques déposées ou des noms de produits commerciaux ne doit pas être interprété comme une forme de recommandation.

collection
ENVIROGUIDE

LE PHÉNOL

SERVICE DE LA PROTECTION
DE L'ENVIRONNEMENT

DIRECTION GÉNÉRALE DES PROGRAMMES
DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

DIRECTION DES SERVICES TECHNIQUES

OTTAWA
JUIN 1985
ENVIRONNEMENT CANADA

Publication
distribuée par la Section des publications
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 1C8

Édition française de
Phenol
préparée par le Module d'édition française

English copy available at the above mentioned address

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1986
N° de cat. En 48-10/47-1986F
ISBN 0-662-93598-5
IMPRIMERIE BEAUREGARD LIMITÉE

AVANT-PROPOS

La collection "Enviroguide" a été lancée officiellement en 1983. Elle est constituée de guides d'information technique sur les produits chimiques qui sont les plus souvent en cause dans les cas de déversements accidentels. Les guides, qui s'adressent à des spécialistes dans le domaine des déversements, sont conçus pour aider à planifier les interventions d'urgence et évaluer les incidences sur l'environnement.

Vu la grande quantité d'information présentée et le caractère très technique des guides, ces derniers ne s'adressent pas au personnel de première intervention, pour qui existent déjà des manuels plus appropriés.

L'information offerte a été glanée en majeure partie dans des publications déjà existantes. Les auteurs ont pris grand soin, aussi bien au stade de la compilation qu'à celui de la révision, de vérifier la justesse des éléments retenus. Néanmoins, il ne faut pas voir dans la publication de ces éléments d'information une forme de recommandation de la part du gouvernement du Canada ni de quelque autre groupe.

REMERCIEMENTS

La version définitive du présent guide est l'oeuvre du personnel du Service de la protection de l'environnement, qui a procédé à la refonte de nombreux passages du texte initial, ajouté maints renseignements et commentaires et préparé les schémas et les figures.

Le travail préliminaire avait été donné à contrat par Environnement Canada aux firmes M.M. Dillon Consulting Engineers and Planners, Concord Scientific Corporation et Waterloo Engineering Limited.

L'abondance de détails qu'on trouve dans le guide est le fruit de la collaboration de plusieurs personnes, organismes et institutions qui ont fourni des données et des conseils précieux, au stade de la compilation comme au stade de la rédaction. Sous ce rapport, l'Association canadienne des fabricants de produits chimiques mérite des remerciements particuliers.

TABLE DES MATIÈRES

	Avant-propos	III
	Remerciements	III
	Liste des figures	VII
	Liste des tableaux	VII
	Abréviations et symboles	VIII
	Définitions	X
	Sigles	XII
1	**Résumé**	1
2	**Propriétés physiques et chimiques**	4
3	**Production, transport et commerce**	11
3.1	Qualité et titre	11
3.2	Fabricants situés au Canada	11
3.3	Autres fournisseurs	11
3.4	Production et importation	11
3.5	Volume de production	12
3.6	Fabrication industrielle	12
3.6.1	Information générale	12
3.6.2	Procédés de fabrication	12
3.6.2.1	Procédé au cumène	12
3.6.2.2	Procédé au toluène	13
3.7	Principales utilisations au Canada	13
3.8	Principaux acheteurs au Canada	13
4	**Manutention du produit et compatibilité**	15
4.1	Citernes et autres récipients de transport	15
4.1.1	Transport en vrac	15
4.1.1.1	Wagons-citernes	15
4.1.1.2	Véhicules-citernes routiers	18
4.1.2	Transport sous emballage	18
4.2	Déchargement	18
4.2.1	Équipement et opérations de déchargement des wagons-citernes	18
4.2.2	Équipement et opérations de déchargement des véhicules-citernes routiers	22
4.2.3	Spécifications et matériaux de fabrication de l'équipement de déchargement	22
4.3	Compatibilité entre le produit et certains matériaux	23
5	**Fuite et migration du produit**	26
5.1	Aperçu général	26
5.2	Fuite du produit	26
5.2.1	Introduction	26
5.2.2	Nomogrammes des fuites	27
5.2.2.1	Pourcentage de liquide restant en fonction du temps écoulé	27
5.2.2.2	Débit de fuite en fonction du temps écoulé	27
5.2.3	Exemples de calcul	27
5.3	Diffusion dans l'atmosphère	29
5.4	Comportement dans l'eau	29
5.4.1	Introduction	29
5.4.2	Nomogrammes de la diffusion	29
5.4.2.1	Diffusion dans les cours d'eau non soumis aux marées	30

5.4.2.2	Diffusion dans les lacs au repos et autres plans d'eau	38
5.4.3	Exemples de calcul	38
5.4.3.1	Teneur en polluant d'un cours d'eau non soumis aux marées	38
5.4.3.2	Teneur en polluant d'un lac au repos ou autre plan d'eau	41
5.5	Comportement dans le sol de surface et dans le sous-sol	41
5.5.1	Introduction	41
5.5.2	Migration du polluant dans un sol à capacité au champ	43
5.5.3	Coefficient de perméabilité d'un sol saturé vis-à-vis du polluant	43
5.5.4	Types de sol	43
5.5.5	Nomogrammes de la migration	44
5.5.6	Exemple de calcul	44
6	**Protection de l'environnement**	49
6.1	Limites maximales admissibles	49
6.1.1	Qualité de l'eau	49
6.1.2	Qualité de l'air	49
6.2	Toxicité pour les espèces aquatiques	49
6.2.1	Évaluation de la toxicité aux USA	49
6.2.2	Mesures de la toxicité	49
6.3	Toxicité pour les mammifères	58
6.4	Autre toxicité dans l'air et sur terre	58
6.5	Études sur les effets toxiques	58
6.6	Dégradation du polluant	59
6.7	Devenir et effets à long terme	59
7	**Protection de la santé**	60
7.1	Normes d'exposition	60
7.2	Données sur l'action irritante	61
7.2.1	Contact avec la peau	61
7.2.2	Contact avec les yeux	62
7.3	Données sur les propriétés organoleptiques	63
7.3.1	Odeur	63
7.3.2	Saveur	63
7.4	Études sur les effets toxiques	64
7.4.1	Inhalation	64
7.4.2	Ingestion	65
7.4.3	Administration par voie sous-cutanée	66
7.4.4	Contact avec la peau	67
7.4.5	Mutagénicité, tératogénicité et carcinogénicité	69
7.5	Symptômes et conséquences de l'intoxication	70
7.5.1	Inhalation	70
7.5.2	Ingestion	70
7.5.3	Contact avec la peau	70
7.5.4	Contat avec les yeux	71
8	**Compatibilité chimique**	72
8.1	Compatibilité entre le phénol et divers agents	72
9	**Mesures d'intervention et de sécurité**	74
9.1	Mesures recommandées	74
9.1.1	Danger d'incendie	74
9.1.2	Moyens d'extinction	74
9.1.3	Mesures d'intervention en cas de déversement	74
9.1.3.1	Information générale	74
9.1.3.2	Déversement sur le sol	74

9.1.3.3	Déversement dans l'eau	75
9.1.4	Nettoyage et traitement	75
9.1.4.1	Information générale	75
9.1.4.2	Élimination au moyen d'une résine échangeuse	76
9.1.4.3	Destruction par le peroxyde	76
9.1.4.4	Dégradation par le permanganate de potassium	76
9.1.4.5	Oxydation	76
9.1.4.6	Réduction	77
9.1.4.7	Biodégradation	77
9.1.4.8	Oxydation de la phase gazeuse	77
9.1.4.9	Osmose inverse	77
9.1.5	Élimination du polluant	77
9.1.6	Filtration sur charbon	77
9.1.7	Appareils et vêtements de protection	78
9.1.8	Entreposage	80
9.2	Équipement, techniques et produits spécialisés d'intervention	80
10	**Cas de déversement accidentel**	82
10.1	Information générale	82
10.2	Déraillement d'un train	82
11	**Identification et dosage du polluant**	83
11.1	Dosage du polluant présent dans l'air	83
11.1.1	Chromatographie en phase gazeuse	83
11.2	Identification du polluant présent dans l'air	84
11.3	Dosage du polluant présent dans l'eau	84
11.3.1	Chromatographie gaz-liquide	84
11.4	Identification du polluant présent dans l'eau	84
11.5	Dosage du polluant présent dans le sol	84
11.5.1	Spectrophotométrie infrarouge	84
11.6	Identification du polluant présent dans le sol	85
12	**Références et bibliographie**	86
12.1	Références	86
12.2	Bibliographie	93

LISTE DES FIGURES

1	Tension de vapeur en fonction de la température	8
2	Masse volumique du liquide en fonction de la température	9
3	Viscosité du liquide en fonction de la température	9
4	Chaleur latente de vaporisation	10
5	Diagramme de phases	10
6	Wagon-citerne de spécification 111A60W1	16
7	Fût type	19
8	Déchargement du wagon-citerne	21
9	Orifice au-dessous du niveau du liquide	27
10	Pourcentage de liquide restant en fonction du temps écoulé	28
11	Débit de fuite en fonction du temps écoulé	28
12	Étapes à suivre pour calculer la teneur en polluant d'un cours d'eau non soumis aux marées	31
13	Distance en fonction du temps	32
14	Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal	33
15	Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique	34
16	Alpha en fonction du coefficient de distribution turbulente	35
17	Delta en fonction d'alpha	36
18	Teneur maximale en fonction de delta	37
19	Volume d'eau en fonction du rayon hydraulique	39
20	Teneur moyenne en fonction du volume d'eau	40
21	Migration dans le sous-sol	42
22	Plan d'utilisation des nomogrammes	45
23	Migration dans un sable grossier	46
24	Migration dans un sable limoneux	47
25	Migration dans un till argileux	48

LISTE DES TABLEAUX

1	Nomogrammes de conversion	7
2	Spécifications CCT/DOT s'appliquant aux wagons-citernes utilisés pour le phénol	15
3	Caractéristiques du wagon-citerne de spécification 111A60W1 utilisé pour le phénol	17
4	Caractéristiques des fûts utilisés pour le transport du phénol	19
5	Compatibilité entre le phénol et certains matériaux de fabrication	24

ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES

adf	Antidéflagrant
atm	Atmosphère
B	Périmètre mouillé
c.f.	Coupelle fermée
c.o.	Coupelle ouverte
CPG	Chromatographie en phase gazeuse
d	Densité
d vap	Densité de vapeur
d.-v.	Demi-vie
D ext.	Diamètre extérieur
D int.	Diamètre intérieur
DAMM	Diamètre aérodynamique moyen en masse
DBO	Demande biochimique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
D_e	Diamètre d'entrée
DIF	Détecteur d'ionisation à flamme
DMM	Diamètre moyen en masse
DMN	Diamètre moyen en nombre
DMV	Diamètre moyen en volume
DPI	Détecteur à photo-ionisation
D_s	Diamètre de sortie
DL min.*	Dose létale minimale
DL 50*	Dose létale moyenne
DT min.	Dose toxique minimale
et coll.	Et collaborateurs
eV	Électronvolt
f. n. éq.	Fumée normalisée équivalente
gal imp.	Gallon impérial
h	Hauteur
IDLH*	*Immediately Dangerous to Life or Health*
IR	Infrarouge
j	Jour
J	Joule
K	Coefficient de perméabilité
K_0	Coefficient de perméabilité d'un sol saturé
k	Coefficient de perméabilité intrinsèque
l	Litre
L.I.E.	Limite inférieure d'explosibilité
L.I.I.	Limite inférieure d'inflammabilité
L.S.E.	Limite supérieure d'explosibilité
L.S.I.	Limite supérieure d'inflammabilité
m	Masse
M	Molaire
MAK*	Teneur maximale admissible
MAK-D*	Teneur maximale admissible
MAK-K*	Teneur maximale admissible - courte durée
max.	Maximum
mé/l	Milliéquivalent par litre
MIK*	Teneur maximale d'immission
min.	Minimum
mn	Minute
M mol.	Masse moléculaire
M vol.	Masse volumique
mol	Mole
MPT	Moyenne pondérée en fonction du temps
N	Newton
N	Normal
Pa . s	Pascal seconde
pds éq.	Poids équivalent
ppb	Parties par milliard (10^{-9})
ppm	Parties par million (10^{-6})
ppt	Parties par mille (10^{-3})
psi	*Pounds per square inch*
P	Pression
P_c	Pression critique
PEL*	*Permissible Exposure Limit*
Po	Poise
Pt cong.	Point de congélation
Pt déf.	Point de déflagration
Pt dét.	Point de détonation
Pt ébul.	Point d'ébullition
Pt écl.	Point d'éclair
Pt écoul.	Point d'écoulement
Pt fus.	Point de fusion
Pt liq.	Point de liquéfaction
PVC	Chlorure de polyvinyle
q	Débit
q_e	Débit d'entrée
q_f	Débit de fuite
q_m	Débit-masse
q_s	Débit de sortie
q_v	Débit-volume
std	Standard
SM	Spectroscopie de masse
St	Stokes
STEL*	*Short Term Exposure Limit*
t	Tonne
t	Temps
temp.	Température
$temp._a$	Température ambiante
$temp._c$	Température critique
TE 50*	Teneur efficace moyenne
tf	Tonne forte
TI 50*	Teneur inhibitrice moyenne
TLm*	Tolérance moyenne
TL min.*	Teneur létale minimale

* Notions expliquées dans la section Définitions.

TL 50*	Teneur létale moyenne
TLV®*	*Threshold Limit Value*
TLV® -C*	*Threshold Limit Value-Ceiling*
TPN	Température et pression normales
TT min.*	Teneur toxique minimale
u	Vitesse du vent
μ	Viscosité
vap	Vapeur
V	Vitesse d'écoulement
V biod.	Vitesse de biodégradation
V évap.	Vitesse d'évaporation
vol.	Volume
°Bé	Degré Baumé
°C	Degré Celsius
ϕ	Diamètre
x	Distance sous le vent
⚒	Ne pas utiliser d'eau comme moyen d'extinction

DÉFINITIONS

Les définitions figurant ci-dessous valent pour la collection "Enviroguide". Le lecteur notera qu'elles n'ont pas toujours une portée générale. Pour plus de détails, ou pour d'autres définitions, se reporter au manuel d'introduction de la collection.

Bio-accumulation. - Rétention sans cesse croissante d'une substance dans les tissus d'un organisme tout au long de son existence (le facteur de bioconcentration augmentant sans cesse).

Bio-amplification. - Rétention d'une substance dans les tissus à des teneurs de plus en plus élevées au fur et à mesure que l'on s'élève dans la hiérarchie des organismes de la chaîne alimentaire.

Bioconcentration. - Rétention d'une substance dans les tissus d'un organisme au point que la teneur des tissus en cette substance surpasse la teneur du milieu ambiant en cette substance, à un moment donné de la vie de cet organisme.

Concentration. - Comme ce mot a des sens multiples et parfois mal définis selon qu'il s'agit de chimie, de biologie ou d'écologie, on lui a préféré des termes jugés plus précis, tels titre, teneur et bioconcentration.

Contaminant. - Polluant qui figure sur une liste de produits dangereux, établie en vertu de la Loi sur les contaminants de l'environnement.

Dose létale minimale. - Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la dose définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible dose (autre que la DL 50) d'une substance dont l'absorption, excluant l'inhalation, en une ou plusieurs prises, au bout d'un temps donné, a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. DL min.

Dose létale moyenne (1). - Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la dose qui tue, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. DL 50.

Dose létale moyenne (2). - À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la dose (calculée) d'une substance censée entraîner, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'absorption, excluant l'inhalation, d'une quantité de cette substance par un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. DL 50.

Dose toxique minimale. - La plus faible dose d'une substance, introduite par toute autre voie que l'inhalation, pendant quelque période de temps que ce soit, dont l'absorption a été signalée comme cause d'effet toxique chez des personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. DT min.

Facteur de bioconcentration. - Rapport de la teneur en une substance des tissus d'un organisme exposé (moins la teneur d'un organisme témoin) à la teneur en cette substance du milieu ambiant.

IDLH *(Immediately Dangerous to Life or Health).* - Teneur plafond à laquelle, dans un délai maximal d'exposition de 30 minutes, il est possible à une personne de fuir les lieux exposés sans qu'il n'y ait manifestation de signes fonctionnels d'intoxication, perturbation irréversible de la santé ou décès. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Immission. - Transfert d'un polluant de l'atmosphère vers un "récepteur" qui peut être une personne, un animal, une plante. La teneur maximale d'immission, mentionnée au chapitre 7, se rapporte au polluant retenu dans les poumons. Il s'agit d'un concept d'origine allemande, adopté par l'ISO.

Létal. - En toxicologie, synonyme de mortel.

MAK *(Maximale Arbeidsplatz Konzentration).* - Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RFA.

MAK-D. - Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

MAK-K. - Teneur limite admissible en milieu de travail pour une période très courte ne dépassant pas 30 minutes. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

PEL *(Permissible Exposure Limit).* - Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle peuvent être exposés des travailleurs pendant une période de relève. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Polluant. - Agent physique, chimique ou biologique qui provoque une dégradation dans un milieu donné.

STEL (**TLV** - *Short Term Exposure Limit).* - Teneur limite à laquelle les travailleurs peuvent être exposés de façon continue pour une courte période sans souffrir d'irritation, de dommage irréversible aux tissus ou d'une narcose suffisamment grave pour accroître la probabilité de blessure par accident, diminuer la capacité de fuir ou réduire physiquement l'efficacité au travail, en prenant pour acquis que la TLV quotidienne n'a pas été dépassée. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

Teneur. - Quantité de matière solide, liquide ou gazeuse, rapportée à une masse ou à un volume d'autres matières dans lesquelles elle est en mélange, suspension ou dissolution.

Teneur efficace moyenne. - Dans le cas de la toxicité pour la micro-faune, il s'agit de la teneur à laquelle se produit, chez 50 p. 100 de la population, pour une durée d'exposition donnée, un effet tel que l'immobilisation, la perte de l'équilibre, une déficience de croissance ou même la mort. Abrév. TE 50.

Teneur inhibitrice moyenne. - Dans le cas de la toxicité pour la micro-flore ou la micro-faune, il s'agit de la toxicité qui inhibe à 50 p. 100 une activité biologique (par exemple, la croissance) en un temps déterminé. Abrév. TI 50.

Teneur létale minimale. - Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la teneur définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible teneur (autre que la TL 50) de l'air en une substance dont l'inhalation a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. TL min.

Teneur létale moyenne (1). - Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la teneur à laquelle meurent, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. TL 50.

Teneur létale moyenne (2). - À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la teneur (calculée) de l'air en une substance dont l'inhalation est censée provoquer, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'exposition d'un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. TL 50.

Teneur plafond. - Teneur maximale admissible établie pour une durée d'exposition bien déterminée, dans le cas d'une substance très toxique. (L'IDLH et la TLV® -C sont des teneurs plafonds.)

Teneur toxique minimale. - La plus faible teneur de l'air en une substance à laquelle des personnes ou des animaux ont été exposés, pour quelque période de temps que ce soit, sans qu'il ait eu d'effet toxique chez les personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. TT min.

Titre (d'une solution, en chimie). - Rapport de la masse d'une substance dissoute

à la masse totale ou du nombre de moles d'un constituant au nombre total de moles.

TLV® *(Threshold Limit Value).* - Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle la majorité des travailleurs peuvent être exposés régulièrement à raison de 8 heures par jour, 5 jours par semaine, sans subir d'effet nocif. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

TLV® -C *(Threshold Limit Value-Ceiling).* - Teneur limite admissible pour un moment donné. Il s'agit d'une valeur plafond définie et déterminée par l'ACGIH.

Tolérance moyenne. - Niveau de tolérance correspondant à la teneur à laquelle 50 p. 100 des sujets d'un test survivent au bout d'un temps donné. Abrév. TLm.

SIGLES

ACGIH	American Conference of Government Industrial Hygienists
ANSI	American National Standards Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWQC	Ambient Water Quality Criteria (USA)
AWWA	American Water Works Association
CBG	Chemical Buyer's Guide (USA)
CCD	Condensed Chemical Dictionary (USA)
CCPA	Canadian Chemical Producers Association
CCT	Commission canadienne des transports
CHRIS	Chemical Hazards Response Information System (USA)
DOT	Department of Transportation (USA)
EPA	Environmental Protection Agency (USA)
ITII	International Technical Information Institute (Japon)
MCA	Manufacturing Chemists Association (USA)
MDT	Ministère des Transports (du Canada)
NACE	National Association of Corrosion Engineers (USA)
NAS	National Academy of Sciences (USA)
NFPA	National Fire Protection Association (USA)
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
NRC	National Research Council (USA)
OSHA	Occupational Safety and Health Administration (USA)
STCC	Standard Transportation Commodity Code (Amérique du Nord)

1 RÉSUMÉ

Phénol (C_6H_5OH)

Le phénol se présente soit comme un solide cristallin, incolore, blanc ou rosé, soit comme un fondu à odeur forte, semblable à celle du goudron ou des médicaments, soit sous forme de solution.

Synonymes

Acide carbolique, hydroxybenzène, acide phénique, benzénol. Syn. anglais: *phenol*.

Numéros d'identification

UN2312 (fondu); UN1671 (solide); UN2821 (en solution); CAS 108-95-2; OHM-TADS 7216849; STCC 4921220 ou 4921210

Qualités et teneurs

De qualité technique, à l'état solide ou fondu, son titre est supérieur à 98 p. 100.

Dangers immédiats

Incendie. - Combustible; dégage des vapeurs toxiques.

Effet sur l'homme. - Extrêmement toxique par toutes les voies d'absorption.

Effet sur l'environnement. - Nuisible à la vie aquatique à de très faibles teneurs.

Données relatives aux propriétés physiques

État à 15 °C (1 atm)	Solide
Point d'ébullition	181,8 °C
Point de fusion	40,9 °C
Inflammabilité	Combustible
Point d'éclair	79 °C (en vase clos)
Tension de vapeur	0,05 kPa à 20 °C
Masse volumique	1,132 g/cm^3 à 25 °C, 1,058 g/cm^3 à 41 °C
Solubilité dans l'eau	6,7 g/100 ml à 16 °C
Comportement dans l'eau	S'enfonce et se dissout lentement.
Comportement dans l'air	Sous l'effet de la chaleur, des vapeurs inflammables se dégagent.
Éventail des teneurs perceptibles par l'appareil olfactif:	1 à 16 ppm

Dangers pour l'environnement

À de très faibles teneurs, le phénol est toxique pour la vie aquatique, les micro-organismes et les invertébrés. En milieu aquatique, la dégradation peut être suffisamment rapide pour causer un manque d'oxygène.

Dangers pour l'homme

Teneur maximale admissible (TLV®) établie par l'ACGIH: 5 ppm (19 mg/m^3), pour la peau.
Teneur immédiatement dangereuse pour la vie ou la santé (IDLH) établie par le NIOSH: 100 ppm.
Effets en cas d'inhalation. - Irritation des muqueuses du nez et de la gorge ainsi que des voies respiratoires. Autres effets possibles: maux de tête, toux, respiration difficile, vomissements, nausées, diarrhée, oedème pulmonaire et même la mort.
Effets en cas de contact. - À l'état solide, liquide ou de vapeurs, le phénol provoque inflammation et brûlure. S'il est ingéré, il peut provoquer des étourdissements, des nausées, des vomissements, une dermite, la gangrène, une paralysie partielle, des convulsions, le coma ou la mort. Le contact avec les yeux peut causer une irritation, de graves brûlures et une enflure de la conjonctive, endommager la cornée et même provoquer la perte de la vue.

Dispositions immédiates à prendre

- En cas de déversement

Interdire l'accès au lieu où s'est produit l'accident. Signaler: "Produit toxique". Communiquer avec les pompiers et avertir le fabricant. Arrêter l'écoulement et confiner le produit déversé si cela ne présente aucun danger. Éviter tout contact avec le produit, sous quelque forme qu'il soit. Empêcher toute eau polluée d'atteindre un égout ou un cours d'eau.

- En cas d'incendie

Pour éteindre le feu, utiliser de la mousse anti-alcool, une poudre sèche ou de la neige carbonique; vaporiser ou pulvériser de l'eau. Refroidir à l'eau les récipients exposés à la chaleur du feu.

Mesures d'intervention d'urgence

- Phénol répandu sur le sol

Construire des barrages pour confiner le produit déversé ou le détourner vers une aire de confinement imperméable. Enlever le produit par des moyens manuels ou mécaniques.

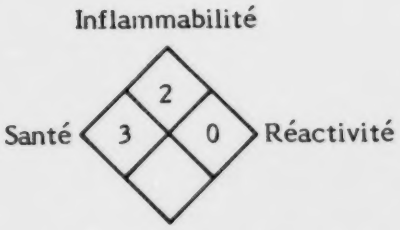
- Phénol déversé dans l'eau

Confiner le produit déversé à l'aide de barrages ou d'un dispositif de dérivation, de sacs de sable ou de barrages naturels. Si possible, enlever l'eau polluée pour la faire traiter. Enlever du fond les sédiments pollués, au moyen de dragues ou d'une pompe à vide.

Niveau de gravité du risque selon la NAS

Incendie	
Santé	1
Irritation causée par des vapeurs	2
Irritation causée par le produit à l'état liquide ou solide	3
Intoxication	3
Pollution de l'eau	
Toxicité pour l'homme	2
Toxicité pour les espèces vivantes du milieu aquatique	3
Atteinte à l'esthétique de l'environnement	3
Réactivité	
Autres produits chimiques	2
Eau	0
Réaction spontanée	0

Évaluation du risque selon la NFPA



Champ inférieur vide: utiliser l'eau comme moyen d'extinction

2 PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Aspect à l'état solide	Cristaux incolores, blancs ou rosés (Dow MSDS, 1978
États à l'expédition	Fondu: gardé à température élevée (USS, 1979) Solide: cristaux
État d'agrégation à 15 °C, 1 atm	Solide
Variantes d'état	
Point de congélation	40,91 °C (Kirk-Othmer, 1982)
Point d'ébullition	181,84 °C (Kirk-Othmer, 1982)
Tension de vapeur	0,05 kPa à 20 °C (Dow MSDS, 1978) 0,33 kPa à 50 °C (Kirk-Othmer, 1982)
Masse volumique et densités	
Masse volumique	1,132 g/cm^3 à 25 °C 1,0576 g/cm^3 à 41 °C (Kirk-Othmer, 1982)
Densité relative	1,132 à 25 °C, rapport à l'eau à 4 °C (Dow MSDS, 1978) 1,0009 à 25 °C (solution aqueuse à 1 p. 100), par rapport à l'eau à 25 °C (Kirk-Othmer, 1982)
Densité de la vapeur	3,24 (Ullmann, 1975)
Propriétés relatives à la combustion	
Inflammabilité	Sous l'effet de la chaleur, production de vapeurs inflammables (NFPA, 1978)
Point d'éclair (vase clos) (vase ouvert)	79 °C (NFPA, 1978) 85 °C (Dow MSDS, 1978)
Température d'inflammation spontanée	715 °C (NFPA, 1978)
Vitesse de combustion	3,5 mm/mn (CHRIS, 1978)
Limite inférieure d'inflammabilité	1,8 p. 100, en volume par volume (NFPA, 1978) 1,36 p. 100, en volume par volume (Ullmann, 1975)
Chaleur de combustion	3053 kJ/mol à 25 °C (CRC, 1980)
Produits de la combustion	Dioxyde de carbone et eau (CRC, 1980)
Comportement au feu	À température élevée, des vapeurs toxiques inflammables se dégagent (MCA, 1964)
Risque d'inflammation électrique	Peut être enflammé par une charge d'électricité statique

Solubilité

Eau	8,2 g/100 ml à 20 °C (Verschueren, 1984) 6,7 g/100 ml à 16 °C (Dow MSDS, 1978) Soluble en toute proportions à une température supérieure à 63,5 °C (Kirk-Othmer, 1982)
Autres corps	Soluble dans l'acétone, le benzène chaud, le tétrachlorure de carbone, l'éthanol, le bisulfure de carbone et le chloroforme. Très soluble dans l'oxyde d'éthyle (CRC, 1980).

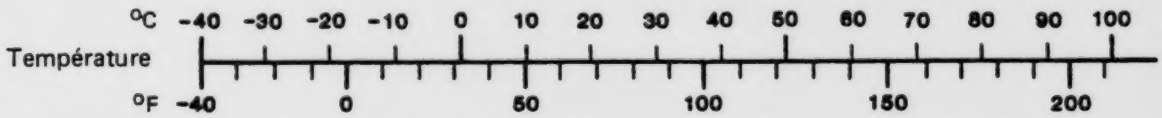
Autres propriétés

Masse moléculaire du corps pur	94,14 (Kirk-Othmer, 1982)
Composition caractéristique de la solution commerciale	Plus de 98 p. 100 de phénol (Dow MSDS, 1978; Kirk-Othmer, 1982), eau et autres composés organiques
Indice de réfraction	1,5509 à 21 °C (CRC, 1980) 1,5418 à 41 °C (Ullmann, 1975)
Viscosité	2,47 mPa . s à 60 °C (Kirk-Othmer, 1982)
Tension superficielle (liquide/air)	40,9 mN/m à 20 °C (CRC, 1980)
Hygroscopicité	Hygroscopique (MCA, 1964)
Chaleur latente de fusion	11,5 kJ/mol au point de fusion (Kirk-Othmer, 1982)
Chaleur latente de sublimation	68,7 kJ/mol à 25 °C (Lange's Handbook, 1979)
Chaleur latente de vaporisation	45,93 kJ/mol au point d'ébullition (Kirk-Othmer, 1982)
Chaleur de formation	-165,0 kJ/mol à 25 °C (Sussex, 1977)
Potentiel d'ionisation	8,47 eV (Maier, 1973)
Chaleur de dissolution	-10,9 kJ/mol à 20 °C (Perry, 1973)
Capacité thermique massique à pression constante	À l'état solide: 132,7 J/(mol . °C) (22,2 °C) À l'état fondu, entre 70 et 74 °C: 209,0 J/(mol . °C) (Kirk-Othmer, 1982) À l'état gazeux, à 27 °C: 104,0 J/(mol . °C) (Ullmann, 1975)
à volume constant	À 23 °C: 121,4 J/(mol . °C) (Kirk-Othmer, 1982; CHRIS, 1978)
Conductivité thermique	À l'état gazeux: 2 x 10^{-4} W/(cm . K) à 100 °C (Yaws, 1975) À l'état liquide: 1,9 x 10^{-3} W/(cm . K) à 40 °C (Yaws, 1975)
Pression critique	6130 kPa (CRC, 1980)
Température critique	421,1 °C (CRC, 1980)
Coefficient de dilatation thermique	À l'état solide: 1,090 x 10^{-3}/°C à 20 °C (Lange's Handbook, 1979) À l'état liquide: 8,8 x 10^{-4}/°C à 50 °C (Ullmann, 1975)

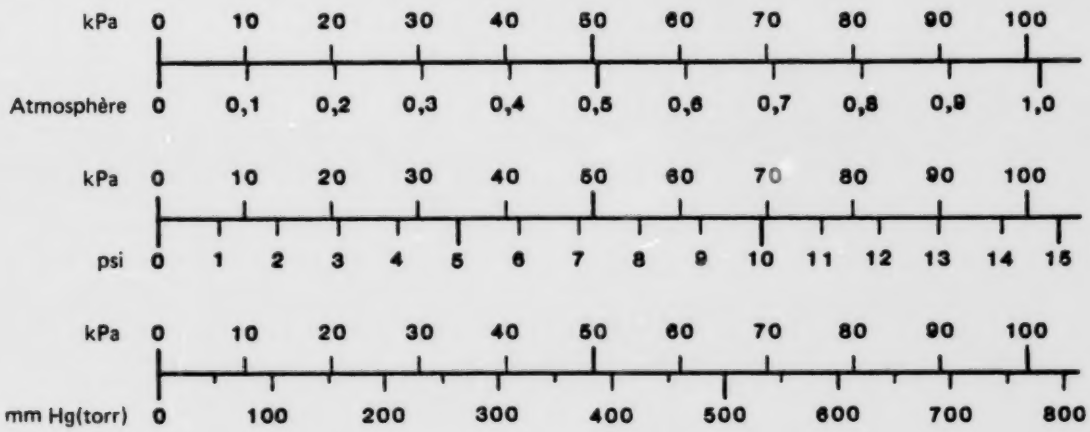
Teneur saturante	0,77 g/m^3 à 20 °C 2,0 g/m^3 à 30 °C (Verschueren, 1984)
pH de la solution aqueuse	6,0 (Merck, 1976)
Logarithme décimal du coefficient de partage entre l'octanol et l'eau	1,48 (Hansch et Leo, 1979)
Facteur de conversion pour les vapeurs	1 ppm = 3,92 mg/m^3; 1 mg/m^3 = 0,26 ppm (Verschueren, 1984)

Tableau 1

PHÉNOL — NOMOGRAMMES DE CONVERSION



Pression — 1 kPa = 1000 Pa



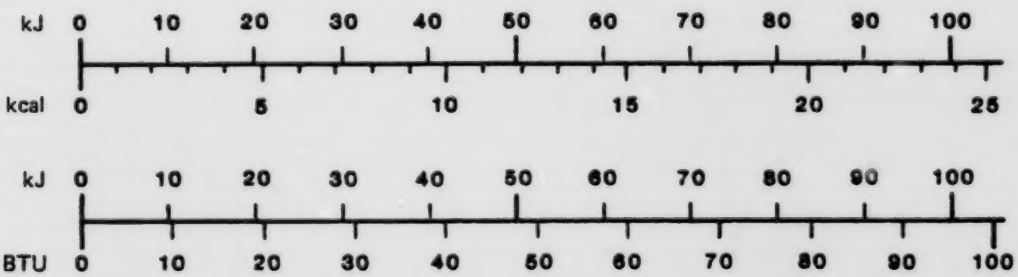
Viscosité

Dynamique — 1 Pa·s = 1000 centipoises (cPo)

Cinématique — 1 m^2/s = 1 000 000 centistokes (cSt)

Teneur (de l'eau)
1 ppm ≅ 1 mg/l

Énergie (chaleur) — 1 kJ = 1 000 J



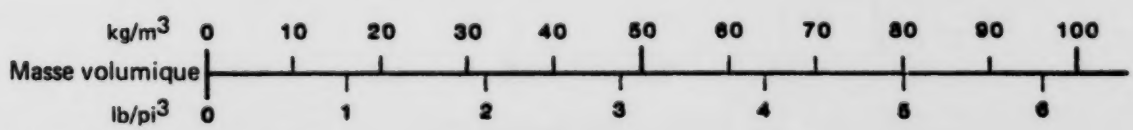


Figure 1

PHÉNOL

TENSION DE VAPEUR EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

Source: Chem. Eng., 1975

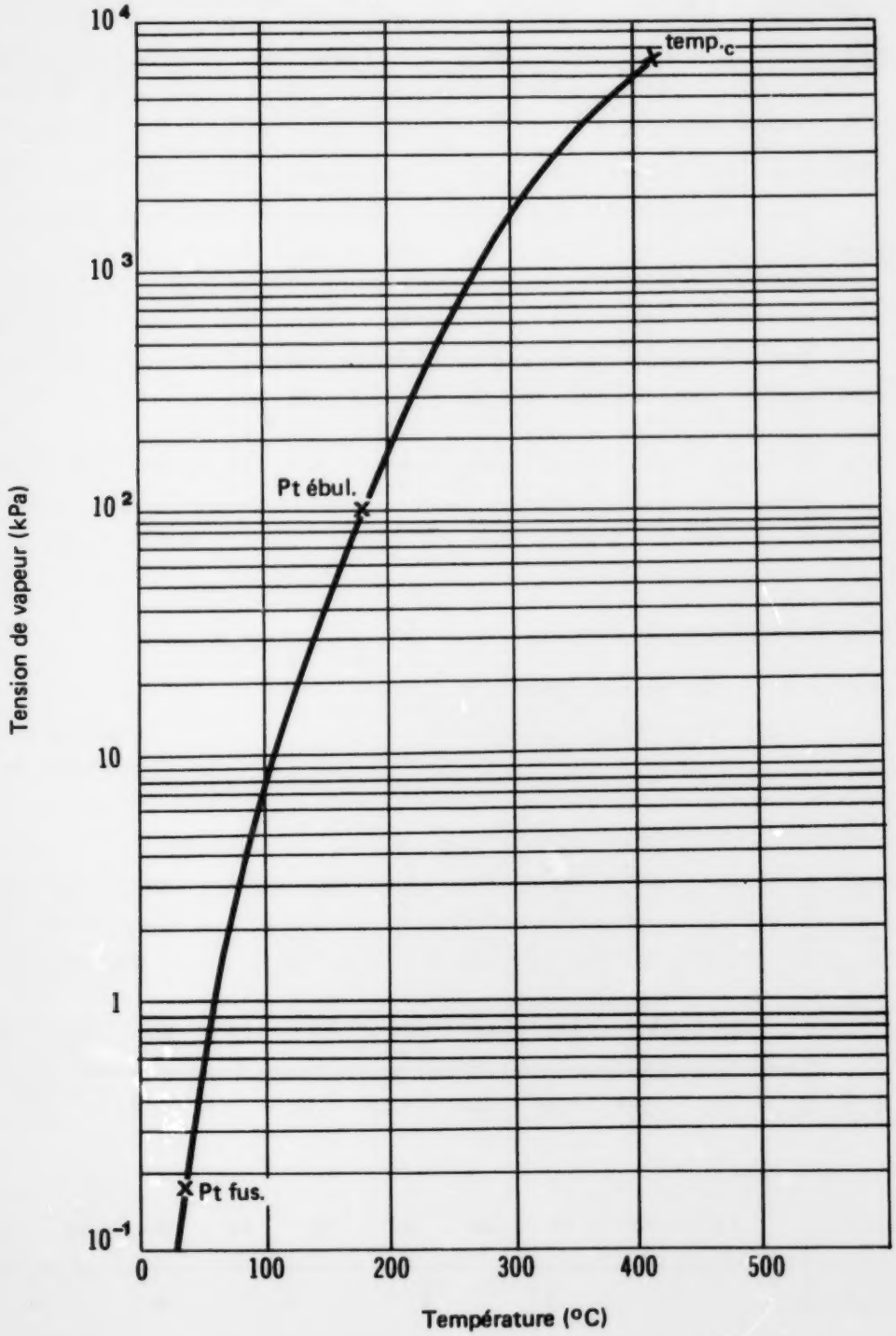


Figure 2

PHÉNOL

MASSE VOLUMIQUE DU LIQUIDE EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

Source: Chem. Eng., 1975

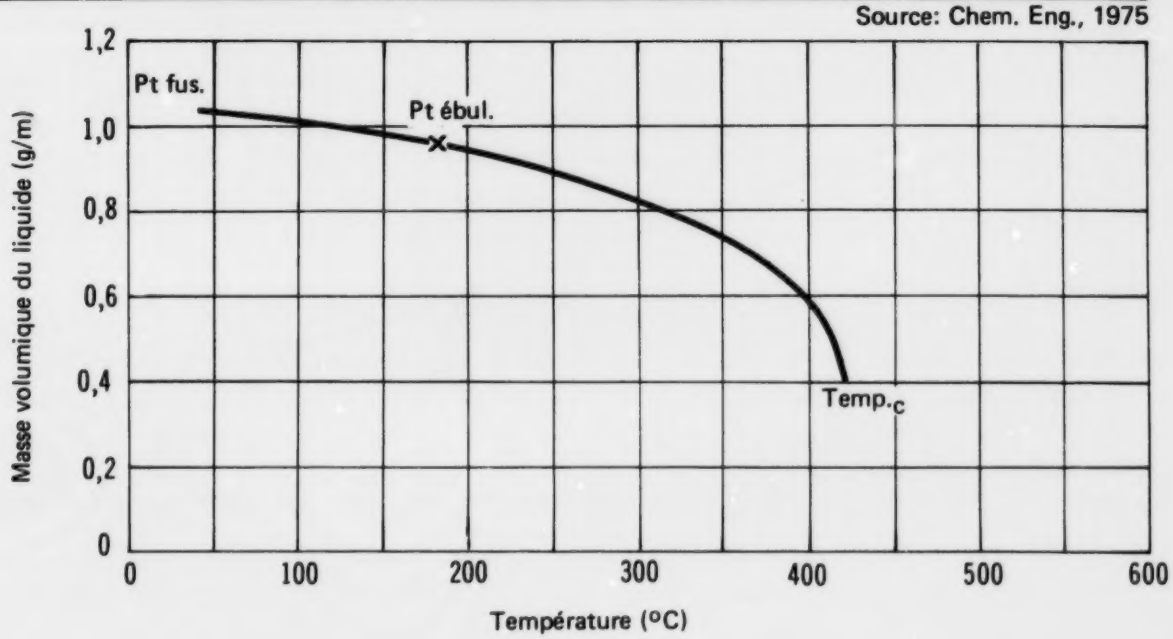


Figure 3

PHÉNOL

VISCOSITÉ DU LIQUIDE EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

Source: Chem. Eng., 1975

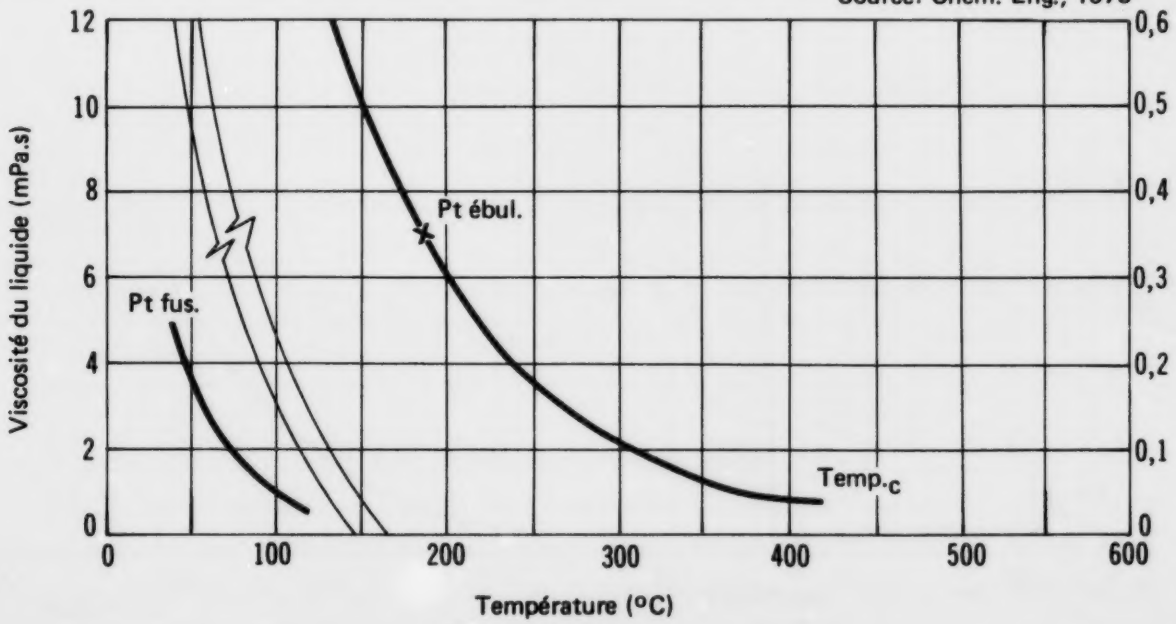


Figure 4

PHÉNOL — CHALEUR LATENTE DE VAPORISATION

Source: Kirk-Othmer, 1982

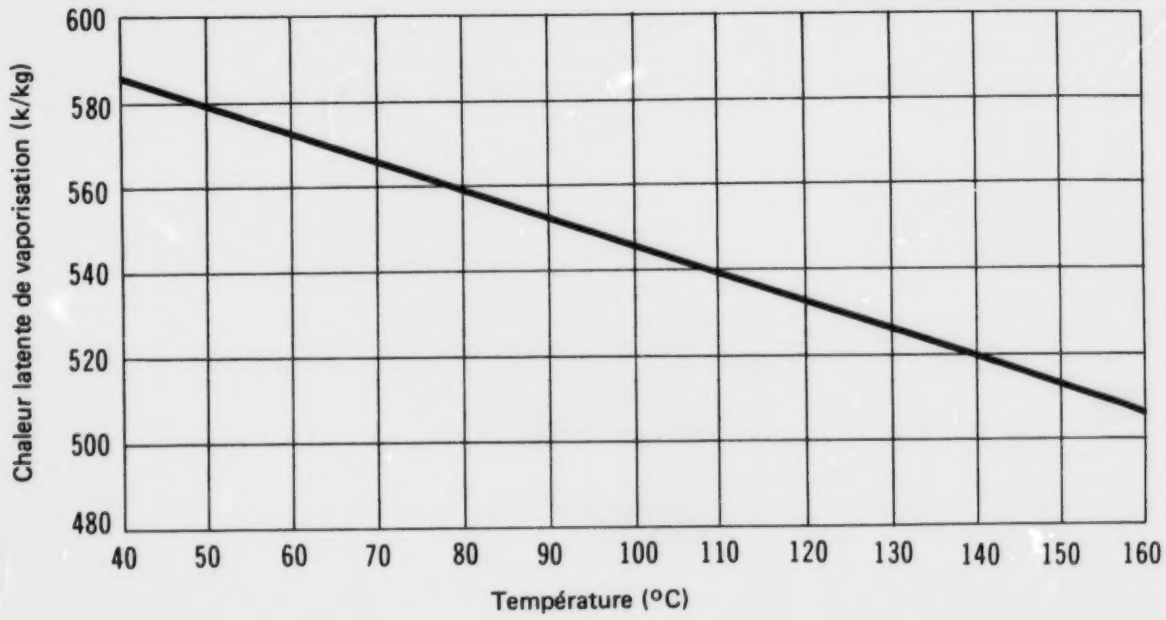
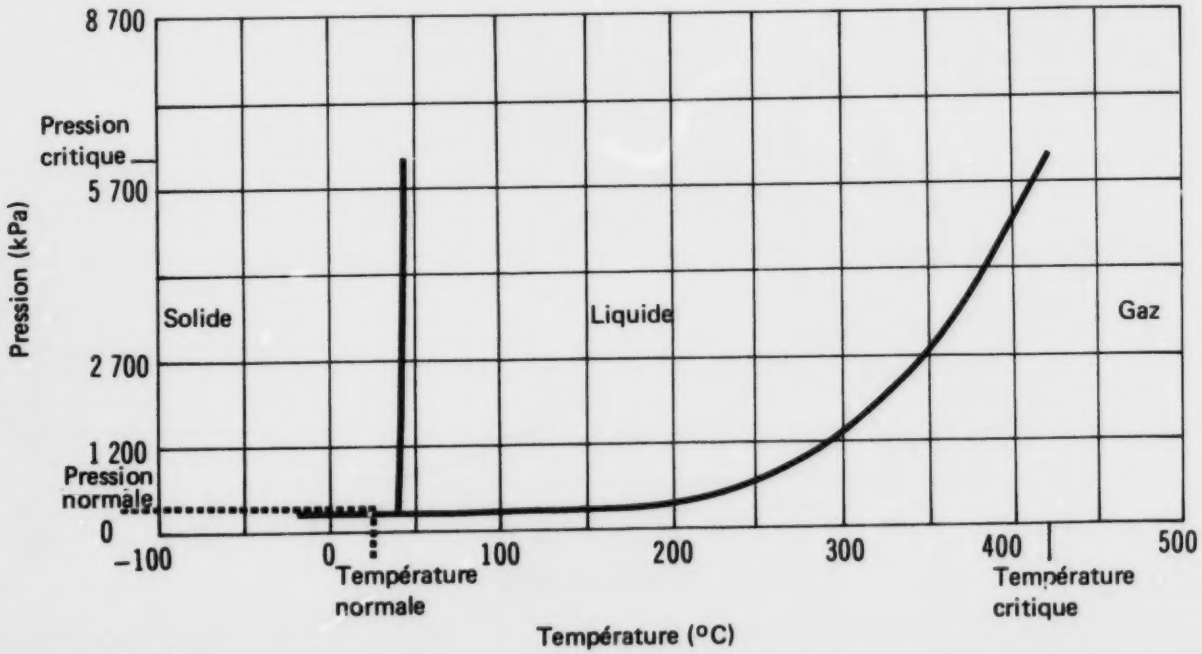


Figure 5

PHÉNOL — DIAGRAMME DE PHASES



3 PRODUCTION, TRANSPORT ET COMMERCE

3.1 Qualité et titre

Le phénol est vendu au Canada à l'état fondu ou à l'état solide, titrant 98 p. 100 au minimum (Dow ERIS, 1980; Ullmann, 1975).

3.2 Fabricants situés au Canada (Corpus, 1984; Scott, 1979)

Le lecteur trouvera ci-dessous des adresses de sièges sociaux. Il faudrait noter qu'elles ne sont pas fournies dans le but qu'on s'en serve comme premier recours en cas de déversement accidentel.

Dow Chemical Canada Inc., Box 1012, Modeland Road, Sarnia, Ontario, N7T 7K7, (519) 339-3131
Gulf Canada Ltd., 800 Bay Street, Toronto, Ontario, M5S 1Y8, (416) 924-4141

3.3 Autres fournisseurs (Corpus, 1974; CBG, 1980; Scott, 1979)

A & K Petro-Chem Industries Ltd., 710 Arrow Road, Weston, Ontario, M9M 2M1, (416) 746-2991
Basile Import-Export Inc., 2695, rue L'Heureux, Saint-Laurent, Québec, H4K 1H9, (514) 331-0405
Bayer (Canada) Inc., 7600, route Trans-Canada, Pointe-Claire, Québec, H9R 1C8, (514) 697-5550
Ciscochem Inc., 63 Selby Road, Brampton, Ontario, L6W 1K5, (416) 459-4540
Kingsley & Keith (Canada) Ltd., 310, avenue Victoria, Montréal, Québec, H3Z 2M8, (514) 487-1550
Mallinckrodt Canada Inc., 600, avenue Delmar, Pointe-Claire, Québec, H9W 1E6, (514) 695-1220
Monsanto Canada Inc., 2000 Argentia Road, Plaza 2, 3rd Floor, Mississauga, Ontario, L5M 2G4, (416) 826-9222
Recochem Inc., 850, montée de Liesse, Montréal, Québec, H4T 1P4, (514) 341-3550
U.S. Steel International of Canada Ltd., 7 King Street East, Toronto, Ontario, (416) 364-6291
Van Waters & Rogers Ltd., 9800 Van Horne Way, Richmond, British Columbia, V6X 1W5, (604) 273-1441

3.4 Production et importation

Tout le phénol fabriqué au Canada l'est à Montréal (Québec). L'Ontario, le Québec et la Colombie-Britannique présentent les principaux débouchés pour ce produit, qui trouve aussi preneur en Alberta. Depuis la fermeture de l'usine de Vancouver, une grande quantité de phénol est importée des États-Unis.

3.5 **Volume de production** (Corpus, 1984)

Capacité nominale de production comparée au total des approvisionnements

Société	Emplacement de l'usine	Capacité nominale (kt/an; 1983)
Dow Chemical Canada	Vancouver, C.-B.	32*
Gulf Canada	Montréal, QC	27
Total	Montréal, QC	59
Production nationale (1983)		34
Importations (1983)		23
Total des approvisionnements		57

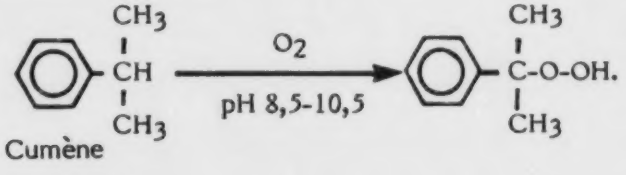
* Usine fermée en 1983.

3.6 **Fabrication industrielle** (FKC, 1975; Kirk-Othmer, 1982)

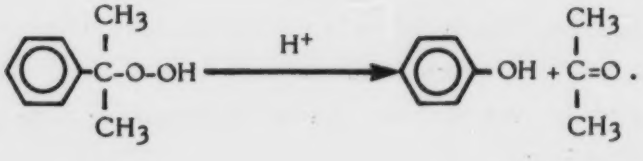
3.6.1 Information générale. - Au Canada, le phénol est fabriqué soit selon le procédé au cumène, soit selon le procédé au toluène.

3.6.2 Procédés de fabrication

3.6.2.1 Procédé au cumène. - Le cumène (produit de l'alkylation du benzène par le propylène) est émulsifié en milieu aqueux faiblement alcalin et oxydé dans un courant d'air ou d'oxygène sous une pression voisine de la pression atmosphérique et à une température variant entre 70 et 125 °C. La réaction dure plusieurs heures, jusqu'à ce qu'environ 30 p. 100 du cumène soit transformé en hydroperoxyde:

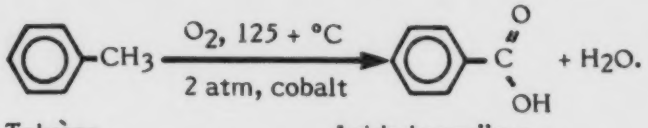


Le mélange est ensuite introduit dans un réacteur où l'hydroperoxyde, par clivage avec de l'acide sulfurique dilué à une température variant entre 50 et 65 °C, est converti en phénol:



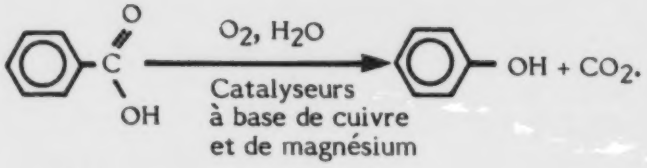
Les phases organique et aqueuse sont séparées par gravité, et les différents constituants de la couche organique sont isolés par distillation fractionnée. Le cumène qui n'a pas réagi est réutilisé. Le rendement en phénol, basé sur la transformation du cumène, est supérieur à 90 p. 100. Le principal sous-produit de la réaction est l'acétone (0,6 kg/kg de phénol).

3.6.2.2 Procédé au toluène. - L'oxydation du toluène en phénol se fait en deux étapes. D'abord, il y a production d'acide benzoïque par l'action de l'air en présence d'un catalyseur:



Toluène — Acide benzoïque

L'acide benzoïque est ensuite oxydé en phénol par un courant d'air et de vapeur d'eau qui passe sur des catalyseurs:



Le phénol est entraîné par le courant d'air et de vapeur d'eau (distillé à la vapeur), qui passe par une colonne à distiller où l'eau, le phénol et l'acide benzoïque sont séparés. Le phénol est ensuite purifié par redistillation, et l'acide benzoïque est réutilisé.

3.7 Principales utilisations au Canada (Corpus, 1984)

Le phénol sert à la fabrication des résines phénoliques, des phénols alkylés, du bisphénol A et des phénols chlorés. En 1983, 95 p. 100 du marché intérieur était réservé à la production de résines phénoliques, surtout pour la fabrication de contre-plaqué et d'aspenite.

3.8 Principaux acheteurs au Canada (Corpus, 1984)

Ashland Chemical, Mississauga, Ont.
Bakelite Thermosets, Belleville, Ont.
Borden Chemical, North Bay, Ont.;
Edmonton, Alb.; Vancouver, C-B.; Laval, QC
Canadian General Electric, Toronto, Ont.
Canadian Occidental (Durez), Fort Erie, Ont.

Cyanamid Canada, Saint-Jean, QC
Domtar, Montréal, QC
Domtar (CDC), Longford Mills, Ont.
Fiberglas Canada, Sarnia, Ont.
Hart Chemical, Guelph, Ont.
Lawter Chemicals, Toronto, Ont.
Reichhold, North Bay et Thunder Bay, Ont.;
Sainte-Thérèse, QC;
Port Moody, Kamloops, C.-B.
Schenectady Chemicals, Toronto, Ont.
Uniroyal, Elmira, Ont.

4 MANUTENTION DU PRODUIT ET COMPATIBILITÉ

4.1 Citernes et autres récipients de transport

4.1.1 Transport en vrac. - Le transport du phénol à l'état solide et à l'état fondu se fait par wagon-citerne et par véhicule-citerne routier.

4.1.1.1 Wagons-citernes. - Les spécifications des wagons-citernes employés pour le transport du phénol figurent au tableau 2. La figure 6 illustre un wagon-citerne de spécification 111A60W1, dont les caractéristiques sont données au tableau 3. Les wagons peuvent être déchargés par pompage grâce à un organe de déchargement par le bas (garni d'une chemise de vapeur) (PC, 1982) ou ils peuvent être déchargés par le haut, au moyen d'air ou de gaz inerte comprimés, ou encore avec une pompe (Dow TED, 1978). Dans ce dernier cas, le phénol fondu passe dans un tube plongeur qui va du fond du réservoir jusqu'à la plate-forme supérieure, où il se termine par une bride pleine ou un orifice fileté qui mesurent ordinairement 51 mm (2 po) ou 76 mm (3 po). On fait passer de l'air comprimé à une pression de 138 kPa (20 lb/po^2) par un raccord d'admission de 25 mm (1 po) (MCA, 1964). On préfère généralement le déchargement par le haut. Il faut que le réservoir possède une enveloppe calorifuge munie de serpentins de chauffage pour que le phénol demeure à l'état fondu.

Tableau 2
Spécifications CCT/DOT s'appliquant aux wagons-citernes utilisés pour le phénol

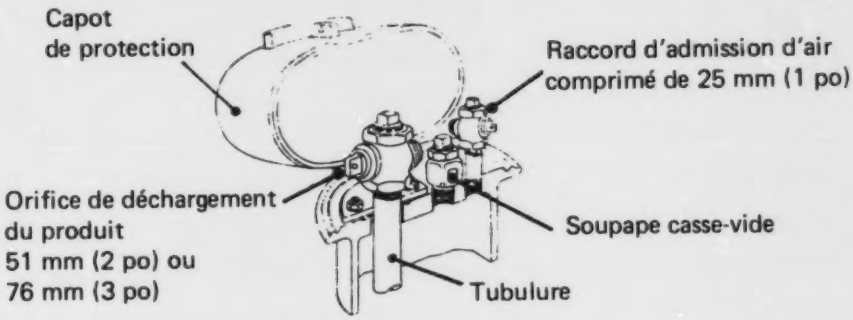
Numéro	Description
111A60W1	Citerne en acier soudée par fusion; sans dôme; isolée ou non isolée. Marge de remplissage minimale de 2 p. 100. Indicateur de niveau. Pression d'essai de 414 kPa (60 lb/po^2).
111A60F1	Citerne en acier soudée à la forge; sans dôme; isolée ou non isolée. Marge de remplissage minimale de 2 p. 100. Indicateur de niveau. Pression d'essai de 414 kPa (60 lb/po^2).
111A100W1	Citerne en acier soudée par fusion; sans dôme; isolée ou non isolée. Marge de remplissage minimale de 2 p. 100. Orifice de déchargement par le bas ou orifice de purge facultatifs. Pression d'essai de 690 kPa (100 lb/po^2).
111A100W6	Citerne en acier inoxydable soudée par fusion; sans dôme; isolée ou non isolée. Marge de remplissage minimale de 2 p. 100. Indicateur de niveau. Soupape de sûreté réglée à 518 kPa (75 lb/po^2), ou évent de sûreté réglé à 690 kPa (100 lb/po^2). Orifice de déchargement ou orifice de purge facultatifs.
103W	Comme 111A60W1, mais avec dôme.

Figure 6

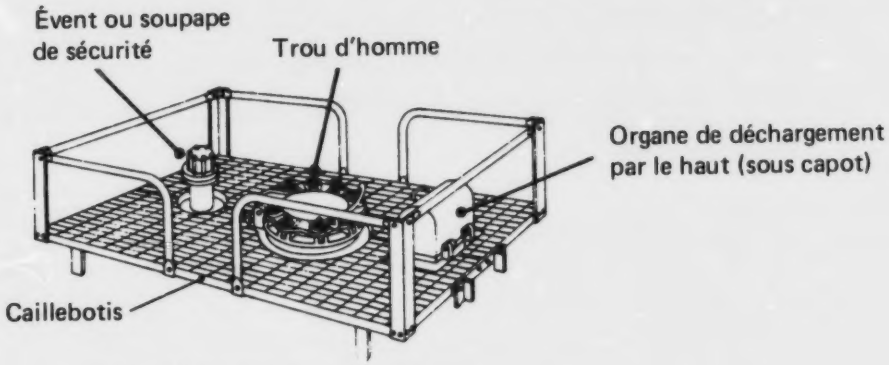
PHÉNOL

WAGON-CITERNE DE SPÉCIFICATION 111A60W1

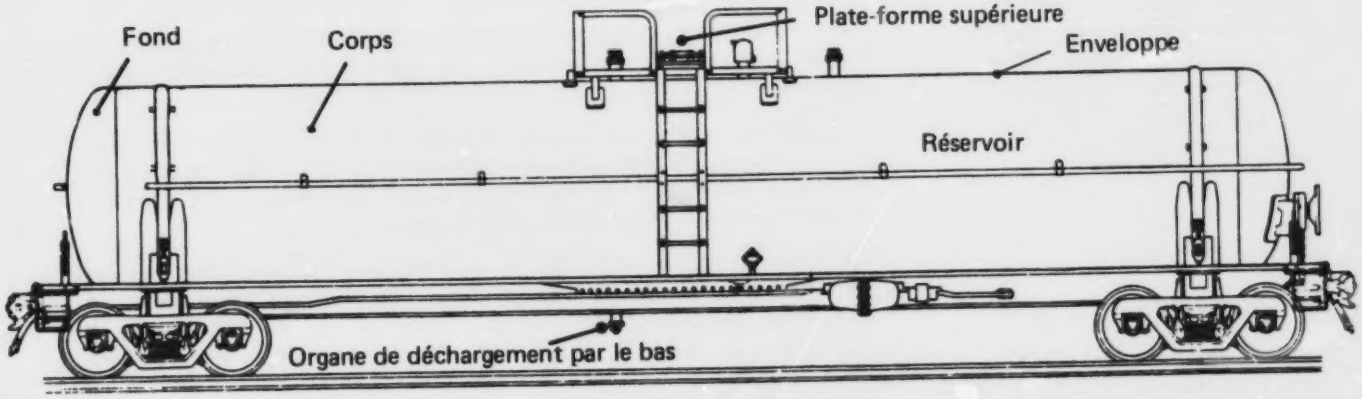
(Sources: TCM, 1979; RTDCR, 1974)



Détail de l'organe de déchargement par le haut



Détail de la plate-forme supérieure



Principaux éléments du wagon-citerne

Tableau 3
Caractéristiques du wagon-citerne de spécification 111A60W1 utilisé pour le phénol
(TCM, 1979; RTDCR, 1974)

Description	Capacité nominale de la citerne (gal imp.)		
	16 700	17 200	20 000
Structure			
Capacité nominale	75 700 l (16 700 gal)	78 000 l (17 200 gal)	90 900 l (20 000 gal)
Tare (poids à vide)	33 900 kg (74 700 lb)	33 900 kg (74 700 lb)	38 900 kg (85 800 lb)
Masse brute maximale	119 000 kg (263 000 lb)	83 500 kg (184 000 lb)	119 000 kg (263 000 lb)
Réservoir			
Matériau	Acier inox ou acier au carbone doublé	Acier inox ou acier au carbone doublé	Acier inox ou acier au carbone doublé
Épaisseur	11,1 mm (7/16 po)	11,1 mm (7/16 po)	11,1 mm (7/16 po)
Diamètre intérieur	2,60 m (102 po)	2,62 m (103 po)	2,74 m (108 po)
Pression d'épreuve	414 kPa (60 psi)	414 kPa (60 psi)	414 kPa (60 psi)
Pression d'éclatement	1640 kPa (240 psi)	1640 kPa (240 psi)	1640 kPa (240 psi)
Dimensions approximatives			
Longueur avec organes d'attelage	17 m (57 pi)	17 m (57 pi)	18 m (60 pi)
Longueur avec pylônes de choc	16 m (53 pi)	16 m (53 pi)	17 m (57 pi)
Distance entre pivots de bogie	13 m (42 pi)	13 m (42 pi)	14 m (45 pi)
Hauteur au sommet du caillebotis	4 m (12 pi)	4 m (12 pi)	4 m (12 pi)
Hauteur hors-tout	5 m (15 pi)	5 m (15 pi)	5 m (15 pi)
Largeur hors-tout (avec poignées)	3,2 m (127 po)	3,2 m (127 po)	3,2 m (127 po)
Longueur du caillebotis	2 - 3 m (8 - 10 pi)	2 - 3 m (8 - 10 pi)	2 - 3 m (8 - 10 pi)
Largeur du caillebotis	1,5 - 2 m (5 - 6 pi)	1,5 - 2 m (5 - 6 pi)	1,5 - 2 m (5 - 6 pi)
Déchargement par le haut			
Raccord de déchargement	51 mm (2 po)	51 mm (2 po)	51 mm (2 po)
Orifice de remplissage/ trou d'homme	203 - 356 mm (8 - 14 po)	203 - 356 mm (8 - 14 po)	203 - 356 mm (8 - 14 po)
Raccord d'arrivée d'air	25 - 51 mm (1 - 2 po)	25 - 51 mm (1 - 2 po)	25 - 51 mm (1 - 2 po)

Description	Capacité nominale de la citerne (gal imp.)		
	16 700	17 200	20 000
Déchargement par le bas			
Orifice de déchargement par le bas	102 - 152 mm (4 - 6 po)	102 - 152 mm (4 - 6 po)	102 - 152 mm (4 - 6 po)
Dispositifs de sécurité	Évent ou soupape de sécurité		
Dôme	Aucun		
Isolation	Facultative		

4.1.1.2 Véhicules-citernes routiers. - Le phénol, sous forme liquide ou à l'état fondu, peut aussi être expédié par camion-citerne (MCA, 1964). Semblables aux wagons-citernes, ces camions se vident au moyen d'une pompe par un organe de déchargement par le bas muni d'un robinet intérieur à tournant conique (MCA, 1964). Si le déchargement se fait au moyen d'air comprimé, on utilise un tube plongeur situé ordinairement à l'arrière du réservoir. L'emploi d'air comprimé n'est pas le moyen préféré (MCA, 1964).

Les véhicules-citernes routiers doivent être conformes à la spécification TC 306 de Transport Canada (MCA, 1964). Les citernes ne sont pas conçues pour tolérer une pression, ni fabriquées suivant le code de l'ASME. Le matériau de fabrication et l'épaisseur spécifiés pour les wagons-citernes sont les mêmes pour les camions. On utilise ordinairement des camions dont les citernes sont en acier inoxydable et contiennent 18 000 l (4000 gal imp.) (HP, 1979). Le phénol n'est pas expédié sous pression.

4.1.2 Transport sous emballage. - En plus d'être transporté en vrac, le phénol, à l'état solide et en solution, est aussi expédié dans des fûts faits de différents matériaux (tableau 4) (TDGC, 1980). Pour les solutions, des bonbonnes de verre de 50 litres (11 gal imp.) placées dans des boîtes peuvent également être utilisées (MCA, 1964).

4.2 Déchargement

4.2.1 Équipement et opérations de déchargement des wagons-citernes. - Avant de procéder au déchargement du phénol, il faut prendre les précautions suivantes (MCA, 1964; USS, 1979):

- Si le déchargement se fait la nuit, les dispositifs d'éclairage doivent être de type antidéflagrant;
- Les employés ne doivent en aucun cas pénétrer dans le wagon;

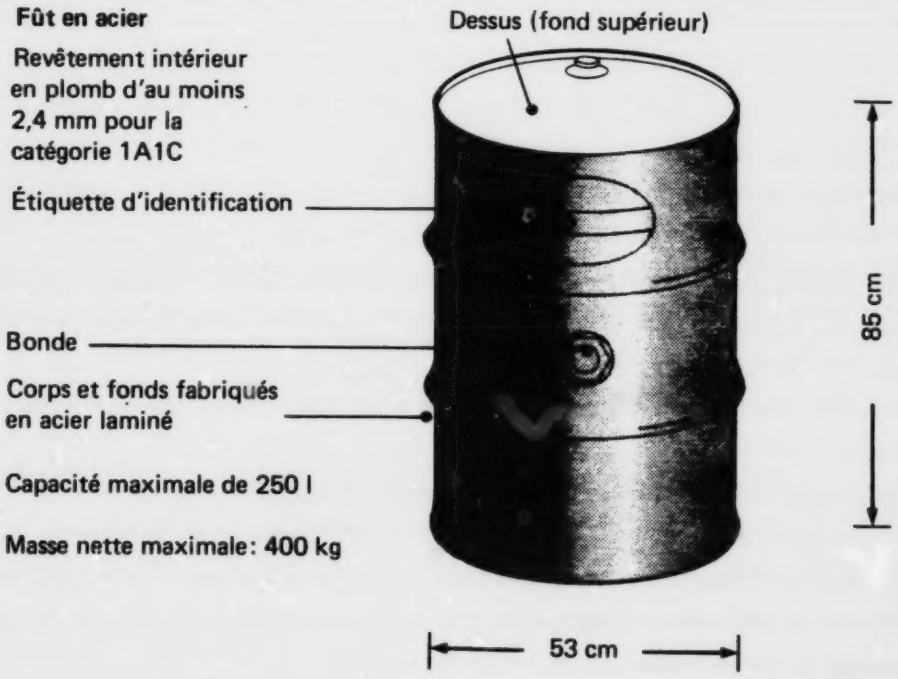
Tableau 4
Caractéristiques des fûts utilisés pour le transport du phénol

Catégorie	Code	Description	Figure
Acier	1A1	Dessus non amovible; réutilisable	7
	1A1A	1A1 avec rebords renforcés	7
	1A1B	1A1 avec collerette de fermeture soudée	7
	1A1D	1A1 avec revêtement intérieur (autre que le plomb)	7
	1A3	Dessus non amovible; non réutilisable	7
Fût en acier avec récipient intérieur en matière plastique	6HA1	Tôle extérieure en forme de fût. Récipient intérieur en matière plastique. Contenance de 225 l.	

Figure 7

PHÉNOL

FÛT TYPE



- Les freins doivent être serrés; les roues, calées; il faut installer un appareil ou une aiguille de déraillement et placer des écriteaux avertisseurs;
- Il doit y avoir un quai de service offrant toutes les conditions de sécurité au poste de déchargement;
- Aucun des outils utilisés ne doit produire d'étincelles;
- Le wagon-citerne doit être mis à la masse;
- Les employés doivent porter des vêtements et des lunettes de protection.

Il existe deux façons de décharger les wagons-citernes: par le haut, et par le bas (voir la figure 8).

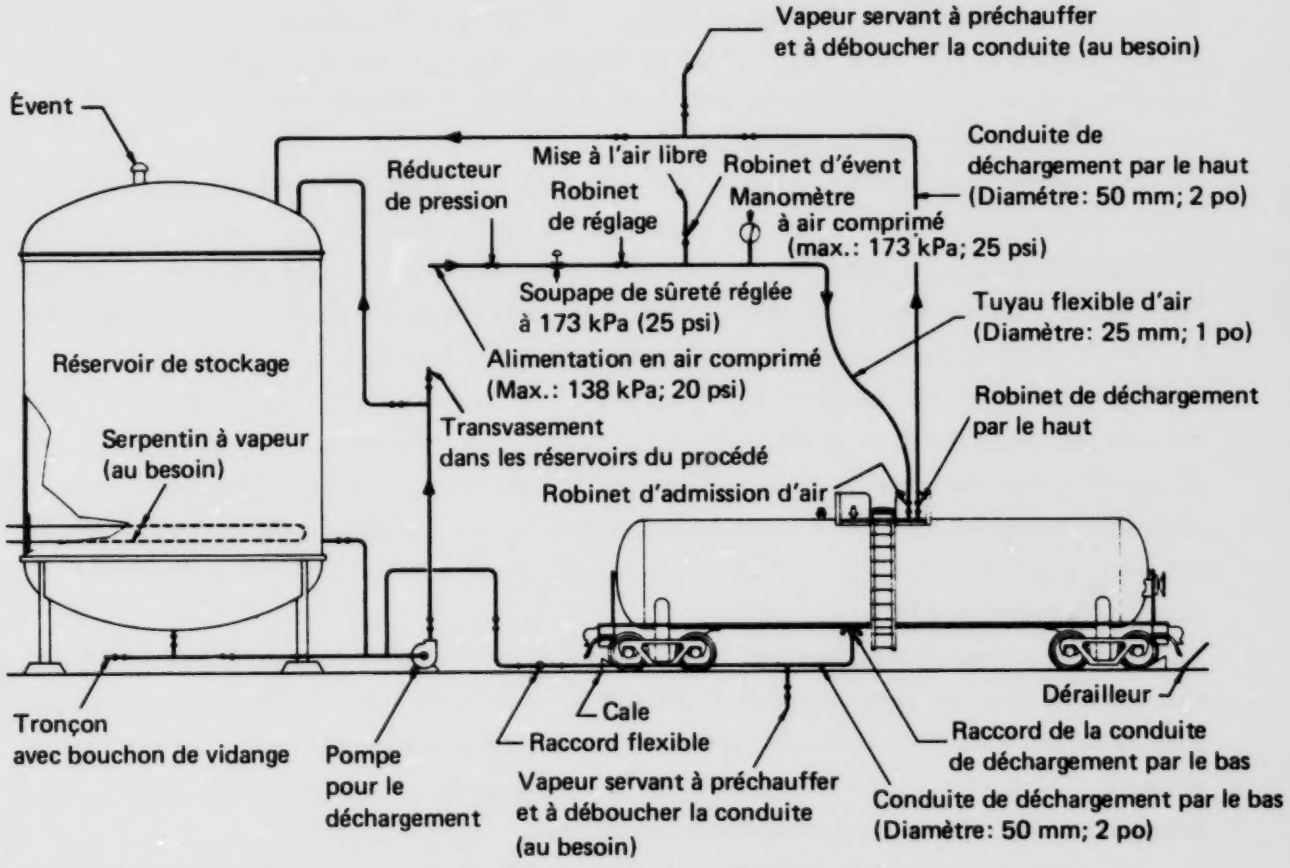
- Pour le déchargement par le haut, procéder comme suit (MCA, 1964):
- S'assurer que la pression dans la citerne a été abaissée et que le phénol est complètement fondu; les serpentins de chauffage ne doivent pas faire monter la température du phénol à plus de 60 °C;
- Raccorder la conduite de transvasement de 51 mm (2 po), chauffée, à l'organe de déchargement;
- Raccorder la conduite d'air comprimé de 25 mm (1 po); la pression d'air doit être abaissée à 207 kPa pour le transvasement; la conduite d'air comprimé doit être munie d'une soupape de sûreté réglée à 173 kPa (25 lb/po^2);
- Une fois ouvert le robinet d'admission d'air (comprimé), ouvrir le robinet de déchargement (du produit) afin de vider le wagon-citerne;
- Au lieu d'utiliser de l'air comprimé, on peut se servir d'une pompe; dans ce cas, le tuyau d'aspiration, chauffé, est raccordé à l'organe de déchargement;
- Lorsque le wagon-citerne est vide, fermer le robinet de la conduite d'air comprimé et ouvrir la valve de l'évent de la conduite pour permettre à la pression intérieure de redescendre au niveau de la pression atmosphérique;
- Pour fermer le wagon-citerne, suivre dans l'ordre inverse les étapes qui précèdent.

Pour le déchargement par le bas, procéder comme suit, en utilisant une pompe (MCA, 1964):

- S'assurer que la pression dans la citerne a été abaissée et que le phénol est complètement fondu;
- Par temps froid, diriger de la vapeur sur le raccord de la conduite de déchargement par le bas; le serpentin à vapeur (figure 8) doit aussi être raccordé à la vapeur vive;
- Une fois la conduite de transvasement raccordée à l'organe de déchargement par le bas de 151 mm (6 po), ouvrir l'obturateur intérieur en tournant la poignée de la tige reliée à ce dernier et qui se trouve sur le dessus du wagon;
- Décharger la citerne par pompage;
- Pour fermer la citerne, suivre dans l'ordre inverse les étapes qui précèdent.

Figure 8

PHÉNOL — **DÉCHARGEMENT DU WAGON-CITERNE**



N.-B. — Les opérations de déchargement sont décrites dans le texte.

4.2.2 Équipement et opérations de déchargement des véhicules-citernes routiers. - Le déchargement des remorques-citernes contenant du phénol fondu se fait de la même façon que celui des wagons-citernes, sauf que d'ordinaire aucune installation n'est prévue pour l'utilisation de la vapeur. Les principales opérations de déchargement des wagons-citernes s'appliquent au déchargement des remorques-citernes.

4.2.3 Spécifications et matériaux de fabrication de l'équipement de déchargement. - Les matériaux de fabrication des divers éléments de l'équipement de déchargement, ainsi que leurs spécifications, sont ceux qui prévalent pour le transport du phénol fondu ou des solutions de phénol. D'autres matériaux peuvent être employés dans certains cas et ils sont mentionnés dans le tableau 5. Les éléments de l'équipement type de déchargement dont il sera question sont les conduites et les raccords, les assemblages souples, les robinets, les joints d'étanchéité, les pompes et les réservoirs de stockage.

L'utilisation de conduites et de raccords en acier au carbone de catégorie 40, avec un revêtement de verre ou de nickel, est recommandée (MCA, 1964). L'élimination des tensions aux soudures prolongera aussi la durée d'utilisation des conduites. En outre, la tuyauterie, une fois installée, doit être éprouvée avec de l'eau à des pressions allant de 345 à 518 kPa (de 50 à 75 lb/po^2), et toutes les fuites doivent être soigneusement colmatées.

Le diamètre de la conduite de transvasement est ordinairement de 51 mm (2 po), mais celle-ci peut avoir à peu près n'importe quel diamètre, bien qu'il ne soit pas recommandé que le diamètre soit inférieur à 25 mm (1 po) (MCA, 1964). Les conduites extérieures doivent s'égoutter toutes seules et être calorifugées et chauffées à la vapeur à l'aide d'un serpentin, qui peut être un tuyau de cuivre ou d'acier de 9 mm (3/8 po) installé à l'intérieur du calorifugeage (MCA, 1964).

Il est recommandé d'utiliser des boyaux spéciaux de Téflon ou de polyéthylène à liaisons transversales avec des manchons d'accouplement en acier (Dow TED, 1978). Pour les sections souples de la conduite de transvasement, des tuyaux rigides avec joints articulés peuvent être employés. Qu'ils soient à roulement à billes ou simplement du type presse-étoupe, les joints fonctionnent bien s'ils sont convenablement entretenus.

Les robinets à tournant conique ou à tournant sphérique en acier inoxydable 316 font l'affaire (JSSV, 1979). L'amiante, le Téflon ou le Viton sont des matériaux convenables pour les joints d'étanchéité (Dow TED, 1978).

L'utilisation de pompes volumétriques ou centrifuges dont l'extrémité d'admission est en acier inoxydable 316 est recommandée. Les pompes devraient être garnies d'une chemise chauffante pour que le produit demeure liquide (Dow TED, 1978).

Des réservoirs de stockage en acier inoxydable soudés sont couramment employés. Un revêtement résistant au phénol, comme le nickel ou une résine phénolique cuite, est également

acceptable. Le réservoir de stockage devrait être chauffé à l'aide de serpentins pour que le phénol demeure fondu (HP, 1979).

4.3 Compatibilité entre le produit et certains matériaux

La compatibilité entre le phénol et certains matériaux de fabrication est indiquée dans le tableau 5. Le mode d'évaluation utilisé dans le tableau 5 est décrit brièvement ci-dessous.

Recommandé: Le matériau donnera un rendement satisfaisant pour l'utilisation indiquée.

Avec réserves: Le matériau montrera des signes de détérioration pour l'utilisation indiquée; il peut convenir pour une utilisation intermittente ou de courte durée.

Déconseillé: L'utilisation indiquée causera une grave détérioration du matériau; l'emploi du matériau est donc déconseillé.

Tableau 5
Compatibilité entre le phénol et certains matériaux de fabrication

Utilisation	Teneur	Temp. (°C)	Recommandé	Réserves	Déconseillé
1. Conduites et raccords	5 p. 100	24	Polyéther chloré PVDC (DCRG, 1978)		
	Saturé	93	Polypropylène (DCRG, 1978)		
		107	PVDF (DCRG, 1978)		
	90 p. 100	24	Polyéther chloré PVDC (DCRG, 1978)		
		79	PVDF, polypropylène (DCRG, 1978)		ABS, PVCI, polyéthylène (MWPP, 1978)
	100 p. 100	24	Polyéther chloré PVDC (DCRG, 1978)		
		52	Polypropylène (DCRG, 1978)		
		79	PVDF (DCRG, 1978)		
		23	Polyéthylène* (DPPED, 1967)	PVCI (DPPED, 1967)	ABS, PVC II (DPPED, 1967)
		49			Polyéthylène (DPPED, 1967)
		60			PVCI (DPPED, 1967)
2. Robinetterie			Alliage "20", acier inox 316 (JSSV, 1979)		
3. Pompes	88 p. 100		Acier inox, acier au carbone (Dow TED, 1978)		
4. Réservoirs de stockage			Acier inox, acier au carbone garni de nickel (Dow TED, 1978)		
		Jusqu'à 60 °C	Acier inox, acier au carbone garni de verre, de nickel ou de résines cuites (HP, 1979)	Fer, cuivre (HP, 1979)	
		> 60 °C			Cuivre, aluminium, plomb, zinc (HP, 1979)
5. Autres	1 p. 100	20	uPVC, polyéthylène, polypropylène, caoutchouc naturel, NBR, IIR, EPDM, CR, caoutchouc fluoré, polyéthylène chlorosulfoné (GF)	Polyoxyméthylène (GF)	

Tableau 5 (suite)

Utilisation	Teneur	Temp. (°C)	Recommandé	Réserves	Déconseillé
		80	NBR (GF)	Polyéthylène, polypropylène, polyoxyméthylène, CR, caoutchouc fluoré (GF)	uPVC, caoutchouc naturel, IIR, EPDM, polyéthylène chlorosulfoné (GF)
	Jusqu'à 90 p. 100 Solution aqueuse	45	Polyéthylène, polypropylène (GF)	uPVC, caoutchouc fluoré (GF)	Polyoxyméthylène, caoutchouc naturel, NBR, IIR, EPDM, CR, polyéthylène chlorosulfoné (GF)
		100		Caoutchouc fluoré (GF)	uPVC, polyéthylène, polypropylène, polyoxyméthylène, caoutchouc naturel, NBR, IIR, EPDM, CR, polyéthylène chlorosulfoné (GF)
	Brut	Point d'ébullition	Aciers inox 302, 304, 316, 410, 430 (ASS)		
	Qualité commerciale	20	Aciers inox 302, 304, 316, 430 (ASS)	Acier inox 410 (ASS)	
		22	PVC, CPVC (TPS, 1978)		
		60			PVC (TPS, 1978)
		66	PVDF (TPS, 1978)		
		82	Polyéthylène (TPS, 1978)		
		85			CPVC (TPS, 1978)
			Polyéthylène chlorosulfoné (GPP)		Caoutchouc naturel, caoutchouc de styrène-butadiène, NBR, IIR, EPDM (GPP)
	90 - 100 p. 100	24 à 100	Verre (CDS, 1967)		Béton
	100 p. 100	24			Bois (CDS, 1967)

ABS: acrylonitrile-butadiène-styrène; CPVC: chlorure de polyvinyle chloré; CR: caoutchouc de polychloroprène; EPDM: caoutchouc d'éthylène-propylène; IIR: caoutchouc d'isobutylène-isoprène; NBR: caoutchouc d'acrylonitrile-butadiène; PVC: chlorure de polyvinyle; PVDC: chlorure de polyvinylidène; PVDF: fluorure de polyvinylidène; uPVC: chlorure de polyvinyle non plastifié.

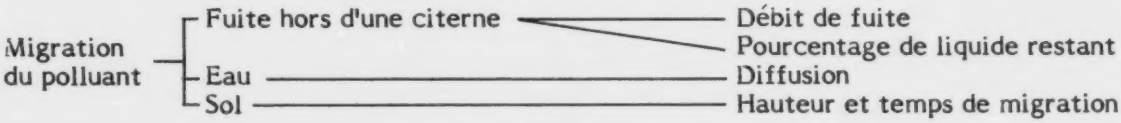
* Un autre ouvrage de référence attribue à ce matériau un rendement inférieur à celui qui est indiqué ici.

5 FUITE ET MIGRATION DU PRODUIT

5.1 Aperçu général

Le phénol est transporté à l'état solide (sous forme de cristaux) ou à l'état fondu dans des wagons-citernes. Il est modérément soluble dans l'eau et s'y dissout, sous quelque forme qu'il soit. Déversé à l'état fondu sur le sol, il s'étale à la surface et pénètre dans le sol à une vitesse qui varie selon le type de sol et la teneur en eau de ce dernier. Sa migration jusqu'à la nappe phréatique représente une menace pour l'environnement. Comme le phénol n'est pas volatil, sa diffusion dans l'air ne pose pas de problème.

Voici les facteurs à prendre en considération lorsqu'il y a migration du polluant dans l'eau ou dans le sol.



À cause du caractère approximatif du calcul de la migration des polluants, la méthode adoptée consiste à utiliser des estimations prudentes des paramètres critiques en prévision du pire, et il se peut que l'on doive poser des hypothèses différentes pour chaque milieu. Cette méthode permet donc de comparer le comportement de différents produits chimiques dans les pires scénarios à partir d'hypothèses compatibles avec chaque milieu.

5.2 Fuite du produit

5.2.1 Introduction. - Le phénol est expédié en vrac à l'état solide ou encore à l'état fondu, à teneur variable. À l'état fondu, il est ordinairement transporté dans des wagons-citernes cylindriques, à la pression atmosphérique. Comme il existe une grande variété de wagons-citernes de différentes capacités, nous avons dû choisir un modèle en particulier, qui a été adopté pour toute la collection "Enviroguide", afin d'établir les nomogrammes de la fuite. Le modèle choisi a un diamètre de 2,75 m, une longueur de 13,4 m, et il peut contenir environ 80 000 litres.

Si la citerne d'un wagon transportant du phénol fondu est perforée dans le bas, au-dessous du niveau du liquide, son contenu s'écoulera sous l'action de la pesanteur à condition que la température ambiante soit suffisamment élevée pour que le phénol ne se solidifie pas. Grâce aux nomogrammes, on pourra calculer la quantité de liquide restant dans la citerne ainsi que le débit de fuite du liquide, à mesure que le temps s'écoulera. Comme le phénol en solution est peu volatil et que les citernes ne sont pas sous pression, aucun nomogramme n'a été préparé pour la fuite de vapeurs par un orifice qui serait situé au-dessus du niveau du liquide.

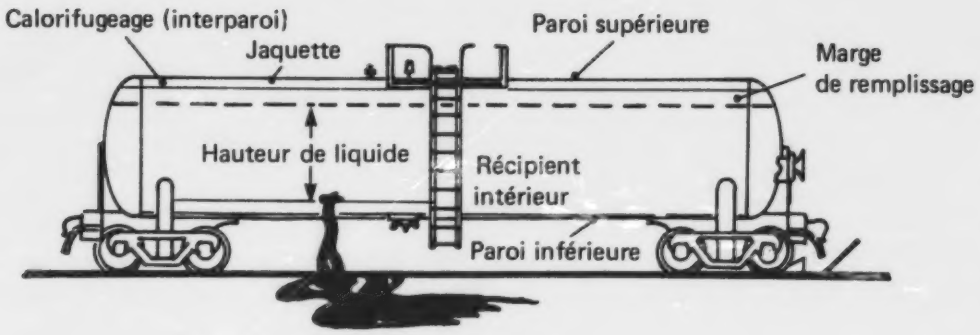


Figure 9 ORIFICE AU-DESSOUS DU NIVEAU DU LIQUIDE

5.2.2 Nomogrammes des fuites

5.2.2.1 Pourcentage de liquide restant en fonction du temps écoulé. - La figure 10 permet d'évaluer le pourcentage de liquide restant dans un wagon-citerne type en fonction du temps écoulé depuis le moment de la perforation et d'un certain nombre de diamètres de l'orifice. Ces diamètres sont des diamètres équivalents et valent pour des orifices de toutes formes.

On suppose que le wagon-citerne type est plein au moment de la perforation et qu'il contient environ 80 000 litres de phénol. Le volume de liquide restant, après un temps t écoulé, n'est pas seulement fonction du débit de fuite, mais aussi de la taille et de la forme de la citerne.

5.2.2.2 Débit de fuite en fonction du temps écoulé. - La figure 11 permet d'évaluer le débit instantané de fuite après un temps t écoulé, en fonction de diamètres équivalents donnés. Le nomogramme ne vaut que pour un wagon-citerne dont le contenu initial est de 80 000 l.

5.2.3 Exemples de calcul

PROBLÈME A

Il y a eu perforation d'un wagon-citerne type rempli d'une solution aqueuse de phénol. L'orifice est situé dans le bas de la citerne, au-dessous du niveau du liquide, et son diamètre équivalent est de 150 mm. Quel pourcentage du volume initial de 80 000 l représente le volume de liquide restant après 10 mn? Solution (voir la figure 10): si t = 10 mn et D = 150 mm, le volume de liquide restant représente 36 p. 100 (soit 28 800 l) du volume initial.

PROBLÈME B

Les données du problème B étant les mêmes que celles du problème A, quel est le débit de fuite instantané après 10 mn d'écoulement? Solution (voir la figure 11): si t = 10 mn et D = 150 mm, le débit instantané q = 70 l/s.

Figure 10

PHÉNOL

POURCENTAGE DE LIQUIDE RESTANT
EN FONCTION DU TEMPS ÉCOULÉ

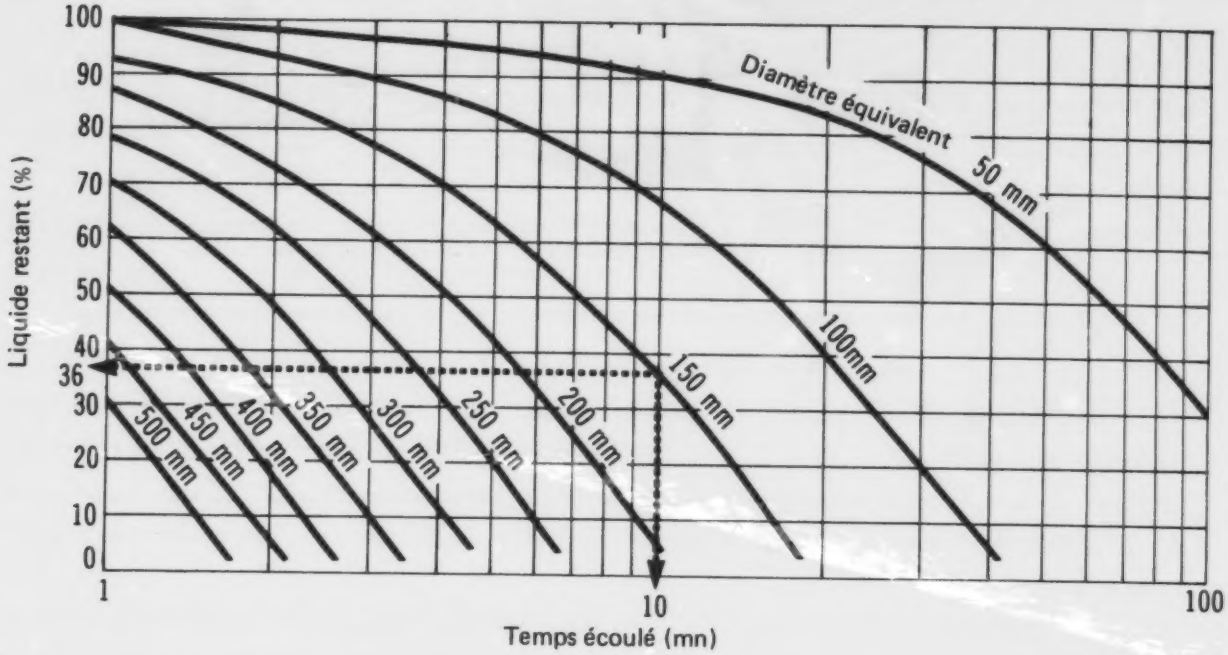
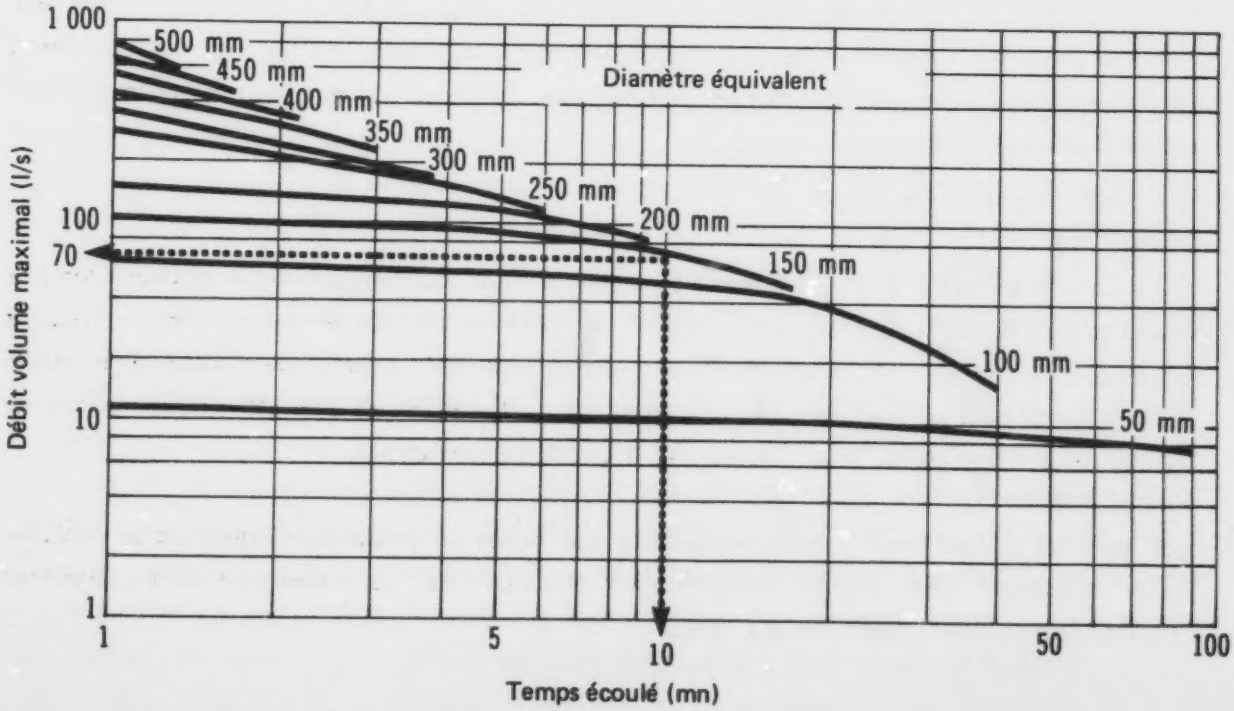


Figure 11

PHÉNOL

DÉBIT DE FUITE
EN FONCTION DU TEMPS ÉCOULÉ



5.3 Diffusion dans l'atmosphère

Etant donné la très faible volatilité du phénol dans les circonstances prévisibles d'un déversement accidentel, les possibilités de diffusion dans l'air sont négligeables.

5.4 Comportement dans l'eau

5.4.1 Introduction. - Lorsqu'il est déversé dans l'eau, le phénol se dissout. Il y a mélange, et le produit est dilué. En général, le phénomène de mélange peut être décrit par les équations de diffusion classiques, comportant un ou plusieurs coefficients de diffusion. Dans les cours d'eau, le mélange est surtout le résultat d'un écoulement turbulent, alors que dans un plan d'eau (étendue d'eau calme), il s'effectue par diffusion moléculaire.

Pour évaluer le teneur en polluant d'une rivière en aval d'un lieu de déversement, les auteurs ont utilisé un modèle de diffusion turbulente. Ce modèle est unidimensionnel; il établit un canal rectangulaire théorique et suppose une teneur uniforme en polluant dans toute la section. Evidemment, une telle uniformité n'est possible qu'en des points situés assez loin en aval du lieu du déversement, là où les mécanismes de mélange et de dilution ont joué suffisamment pour produire une répartition égale du polluant à travers le canal. Le modèle s'applique aux cours d'eau dont le rapport largeur/profondeur est inférieur à 100. Il postule également un coefficient de rugosité de Manning de 0,03. (Pour plus de détails au sujet de ce modèle, consulter le *Manuel d'introduction Enviroguide.*)

En ce qui a trait à la diffusion moléculaire dans une étendue d'eau calme, aucun modèle n'a été élaboré. Les auteurs ont établi des nomogrammes permettant de délimiter la zone dangereuse et de calculer la teneur moyenne dans cette zone en fonction de la masse de liquide déversé, indépendamment du temps écoulé.

5.4.2 Nomogrammes de la diffusion. - Le lecteur trouvera ci-dessous la liste des nomogrammes servant à déterminer les teneurs en polluant dans les cours d'eau non soumis aux marées et dans les lacs au repos ou autres plans d'eau.

A. - Cours d'eau non soumis aux marées

Figure 13 Distance en fonction du temps (pour une plage de vitesses moyennes de l'écoulement)

Figure 14 Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal (pour une plage de profondeurs du canal) (hauteurs d'eau)

Figure 15 Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique (pour une plage de vitesses moyennes de l'écoulement)

Figure 16 Alpha* en fonction du coefficient de diffusion turbulente (pour différentes valeurs du temps écoulé)

Figure 17 Delta* en fonction d'alpha (pour différentes masses de liquide déversé)

---

* Alpha et delta ne sont que des facteurs de conversion: leur utilité est de faciliter le calcul des teneurs en aval du lieu du déversement.

Figure 18 Teneur maximale en fonction de delta (pour des sections mouillées de différentes surfaces)

B. - Lacs au repos ou autres plans d'eau

Figure 19 Volume d'eau en fonction du rayon de la zone dangereuse (pour différentes profondeurs du lac) (hauteurs d'eau)

Figure 20 Teneur moyenne en fonction du volume d'eau de la zone dangereuse (pour différentes masses de liquide déversé)

La figure 12 présente les étapes à suivre pour évaluer la teneur en un point en aval après un déversement et indique les nomogrammes à utiliser; ces derniers (figures 13 à 20) sont expliqués dans les paragraphes qui suivent.

5.4.2.1 Diffusion dans les cours d'eau non soumis aux marées

Figure 13 Distance en fonction du temps. - Le graphique montre les relations entre la vitesse moyenne de l'écoulement, le temps écoulé et la distance parcourue. Pour une vitesse moyenne de l'écoulement V donnée, le temps t que met le polluant pour atteindre un point situé à une distance donnée en aval du lieu du déversement peut être obtenu rapidement à l'aide de ce graphique.

Figure 14 Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal. - Le modèle choisi pour évaluer la teneur en polluant en aval du lieu du déversement comporte un canal rectangulaire théorique de largeur L, ayant une hauteur d'eau h. Le rayon hydraulique r doit être connu pour calculer le coefficient de diffusion turbulente E. Le rayon hydraulique lui-même correspond aux rapports de la surface de la section s mouillée au périmètre mouillé B. Le graphique permet de déterminer le rayon hydraulique d'un canal théorique à partir de la largeur de ce dernier et de la hauteur d'eau.

Figure 15 Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique. - Les données connues sur le rayon hydraulique r et sur la vitesse moyenne de l'écoulement V permettent de déterminer le coefficient de diffusion turbulente E.

Figure 16 Alpha en fonction du coefficient de diffusion turbulente. - Le nomogramme permet d'obtenir le facteur de conversion α; ce dernier est fonction du coefficient de diffusion turbulente E et du temps t requis pour atteindre un point situé en aval du lieu du déversement.

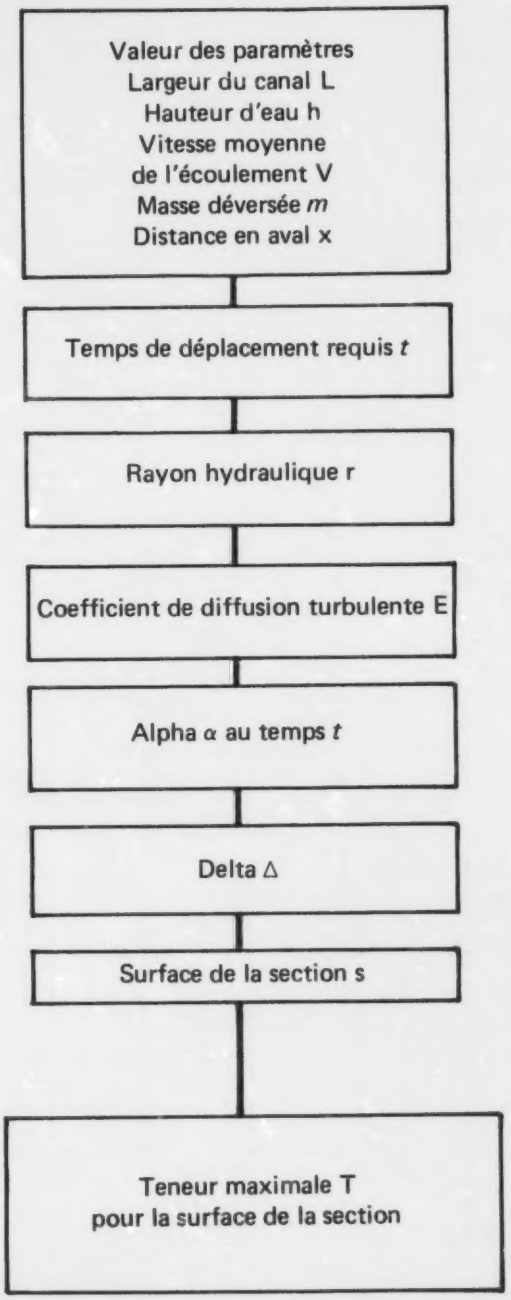
Figure 17 Delta en fonction d'alpha. - Un second facteur de conversion, delta Δ, est requis pour évaluer la teneur en polluant en un point donné. Delta est fonction d'alpha et de la masse de liquide déversé.

Figure 18 Teneur maximale en fonction de delta. - Il s'agit de la dernière étape dans la détermination de la teneur maximale en polluant en un point situé en aval du lieu du déversement. En se servant du facteur delta et connaissant la surface de la section s mouillée, le lecteur trouve rapidement la teneur. La valeur obtenue vaut pour les liquides miscibles à

Figure 12

PHÉNOL

ÉTAPES À SUIVRE POUR CALCULER LA TENEUR EN POLLUANT D'UN COURS D'EAU NON SOUMIS AUX MARÉES



Étape 1

Par observation ou évaluation

L = _____ m

h = _____ m

V = _____ m/s

m = _____ tonnes

x = _____ m

Étape 2 t = _____ mn (fig. 13)

Étape 3 r = _____ m (fig. 14)

Étape 4 E = _____ m^2/s (fig. 15)

Étape 5 α = _____ (fig. 16)

Étape 6 Δ = _____ (fig. 17)

Étape 7 s = L x h = _____ m^2

Étape 8 T = _____ ppm (fig. 18)

Figure 13

PHÉNOL

DISTANCE
EN FONCTION DU TEMPS

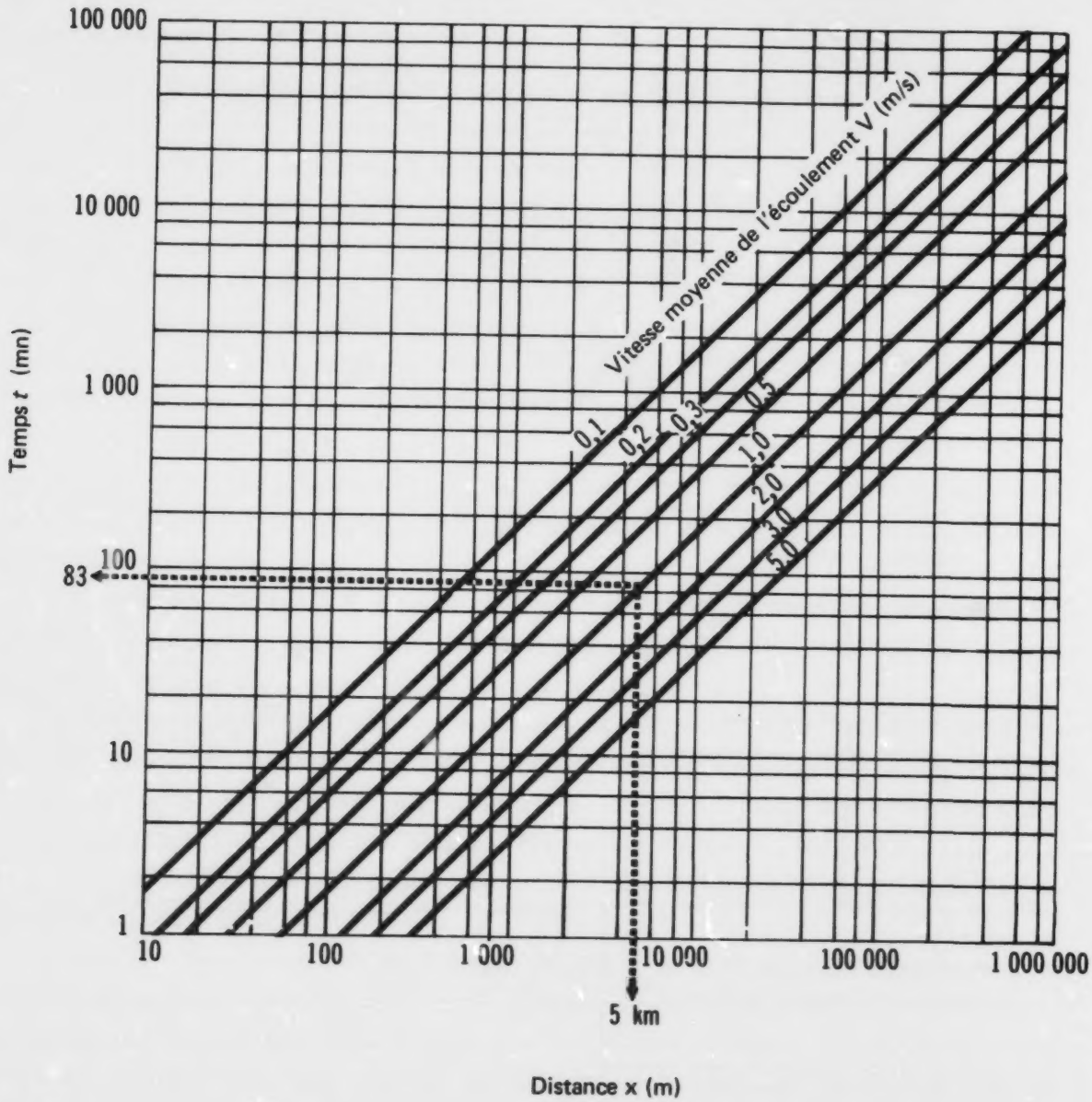


Figure 14

PHÉNOL

RAYON HYDRAULIQUE
EN FONCTION DE LA LARGEUR DU CANAL

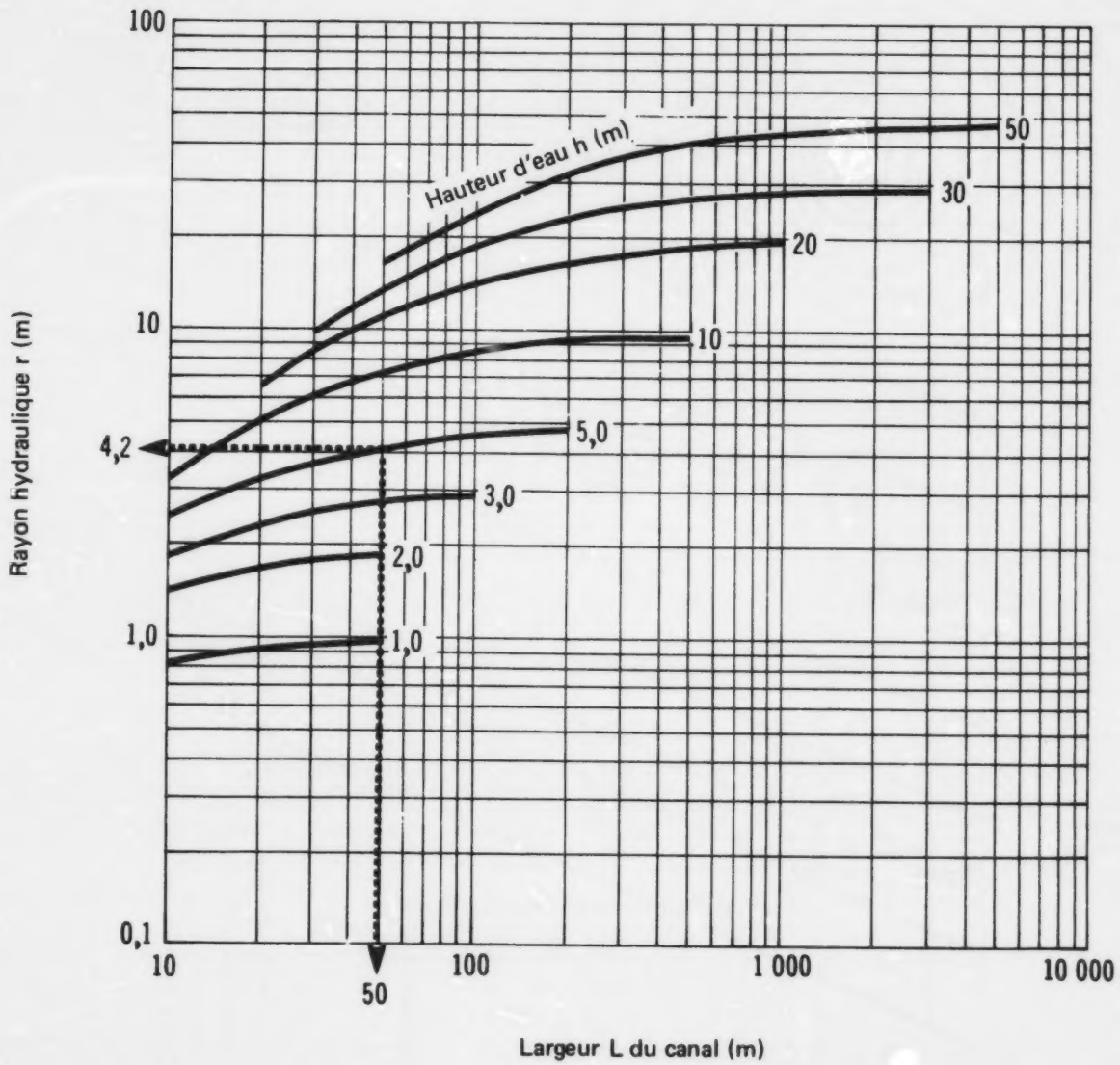


Figure 15

PHÉNOL

COEFFICIENT DE DIFFUSION TURBULENTE EN FONCTION DU RAYON HYDRAULIQUE

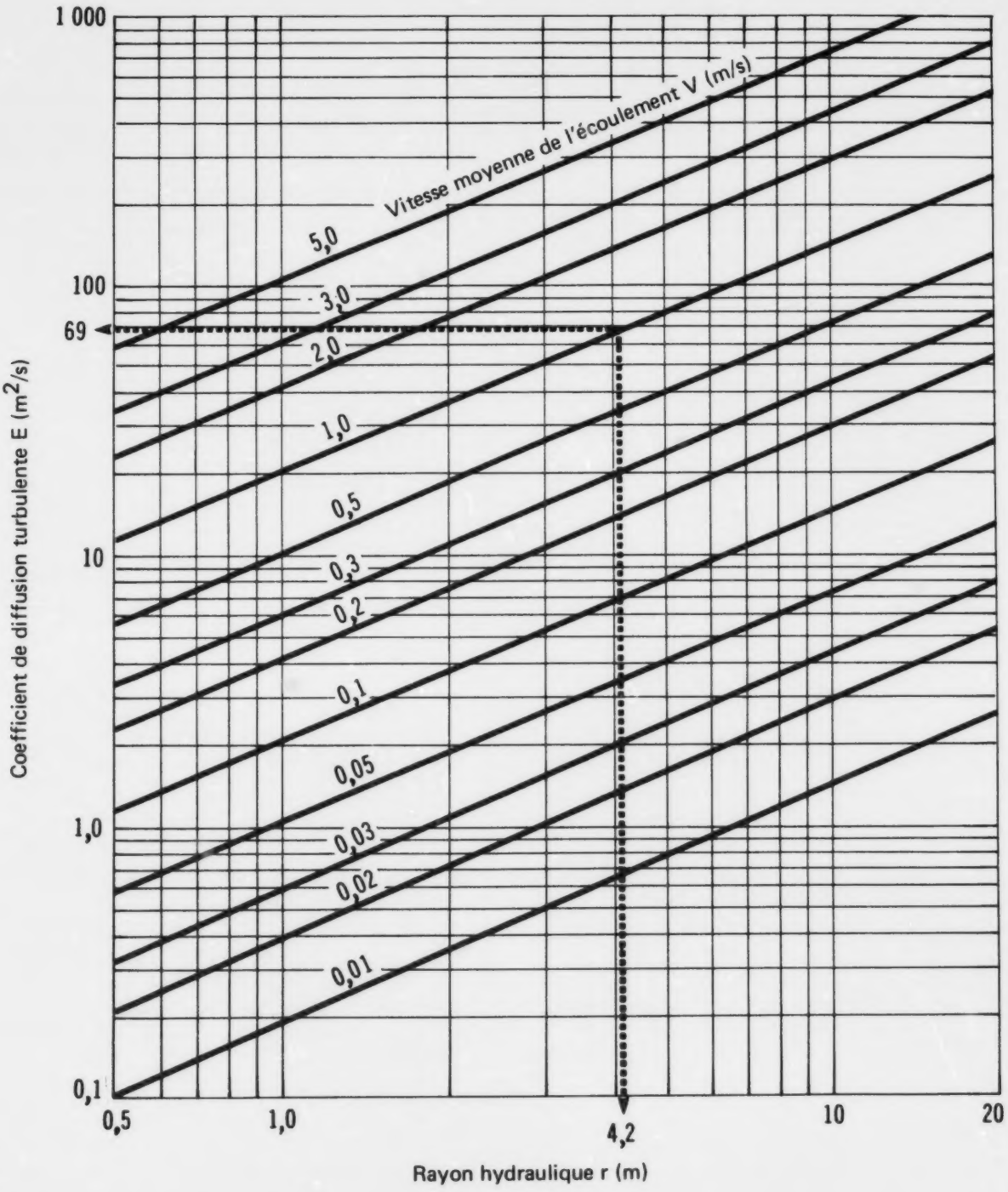


Figure 16

PHÉNOL

ALPHA
EN FONCTION DU COEFFICIENT DE DIFFUSION TURBULENTE

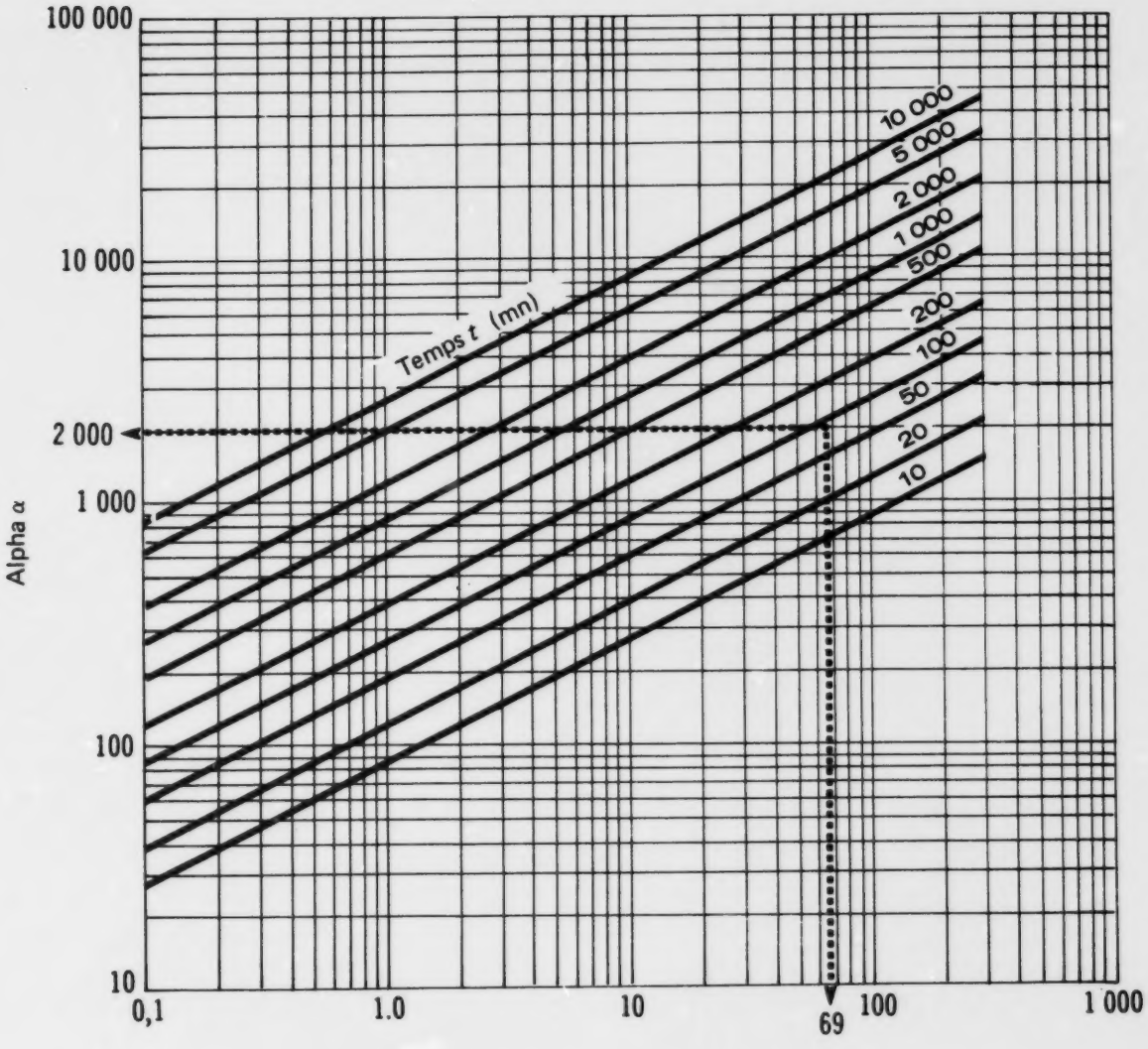


Figure 17

PHÉNOL

DELTA
EN FONCTION D'ALPHA

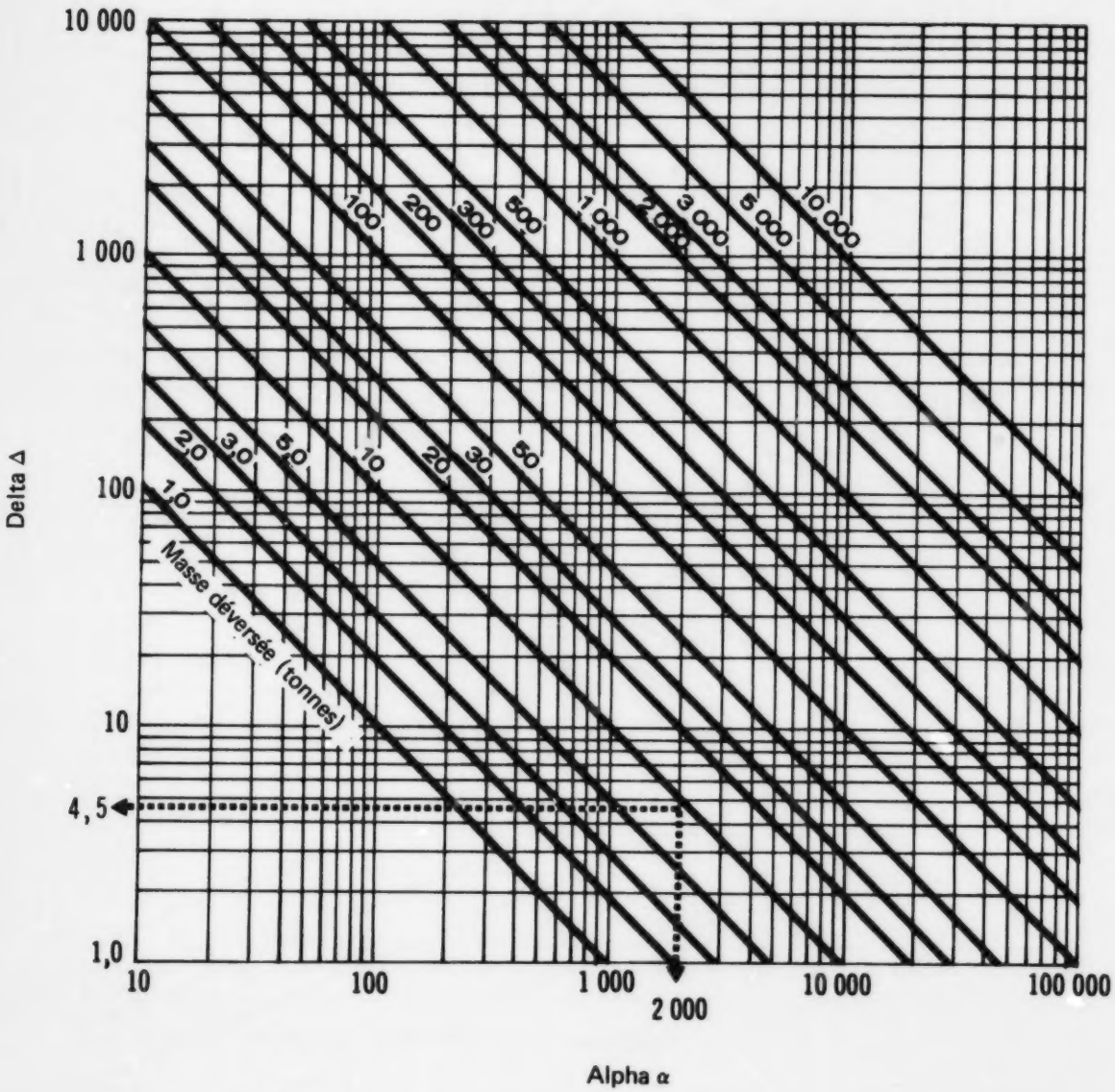
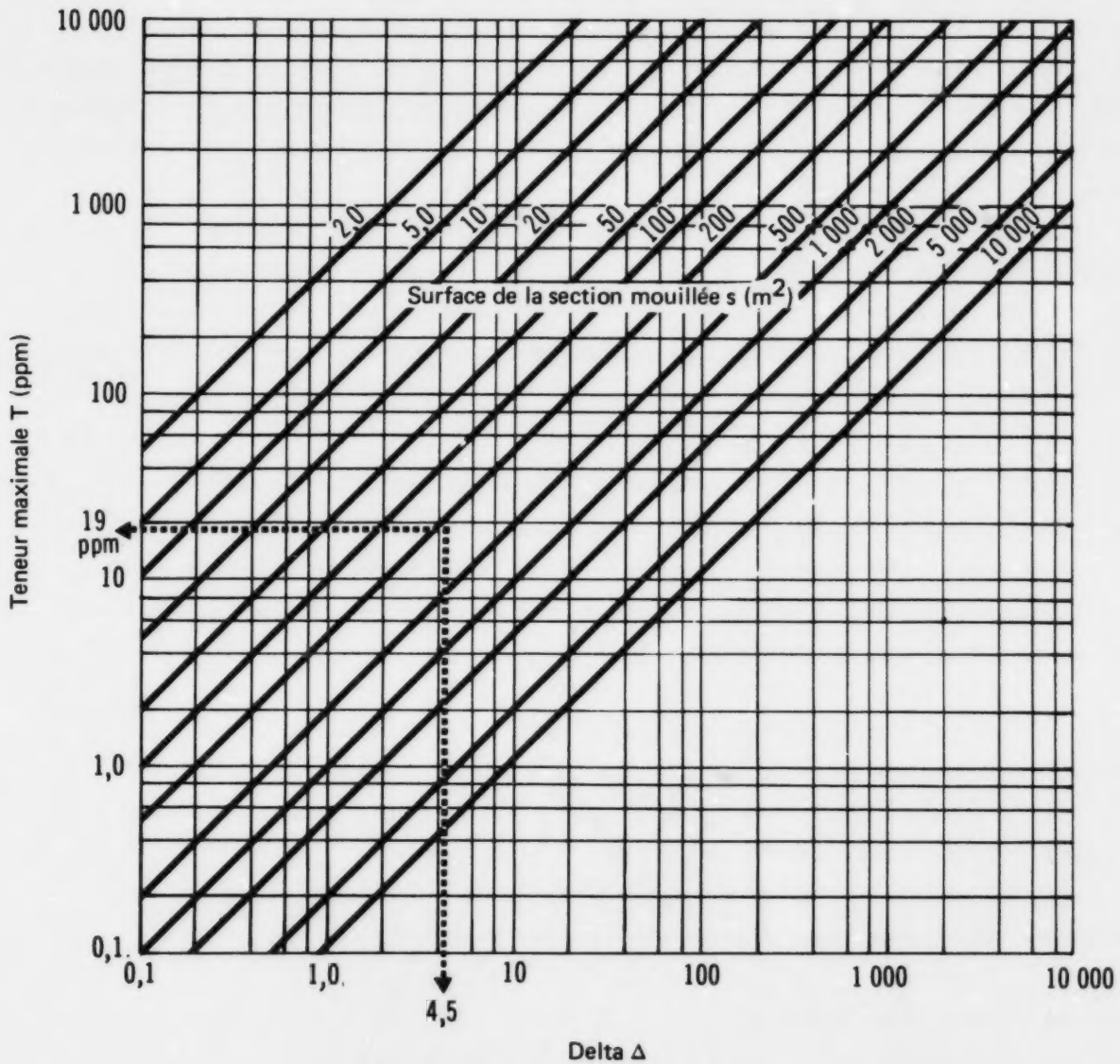


Figure 18

PHÉNOL

TENEUR MAXIMALE
EN FONCTION DE DELTA



l'eau, de densité équivalente à celle de l'eau, et pour les solides solubles dans l'eau; elle variera quelque peu dans le cas de polluants dont la densité relative est supérieure ou inférieure à celle de l'eau.

5.4.2.2 Diffusion dans les lacs au repos et autres plans d'eau

Figure 19 Volume d'eau en fonction du rayon. - L'étendue d'eau calme (ni vent, ni courant) touchée par le déversement d'un liquide miscible à l'eau, de densité équivalente à celle de l'eau, est représentée par un cylindre théorique de rayon r et de longueur égale à la hauteur h d'eau à l'endroit où le déversement se produit. Le volume d'eau peut être obtenu à l'aide de la figure 19. Le rayon r équivaut à la distance x entre le lieu du déversement et le point où la teneur est mesurée.

Figure 20 Teneur moyenne en fonction du volume d'eau. - Pour un volume d'eau connu du cylindre théorique, le nomogramme permet d'établir une teneur moyenne en polluant selon la masse de liquide déversé. On suppose que la diffusion du polluant est uniforme dans le cylindre. En pratique, dans le cas de substances dont la densité relative est supérieure ou inférieure à celle de l'eau, la teneur réelle près du fond sera plus forte ou plus faible.

5.4.3 Exemples de calcul

5.4.3.1 Teneur en polluant d'un cours d'eau non soumis aux marées. - Vingt tonnes d'une solution de phénol à 45 p. 100 ont été déversées dans un cours d'eau. La hauteur h d'eau est de 5 m et la largeur L, de 50 m. La vitesse moyenne de l'écoulement est évaluée à 1 m/s. Quelle est la teneur maximale prévisible en un point situé à 5 km en aval, près d'une prise d'eau?

Étape 1 Déterminer les paramètres

L = 50 m; h = 5 m; V = 1 m/s; x = 5000 m

m = 20 tonnes d'une solution à 45 p. 100 = 9 tonnes de phénol.

Étape 2 Déterminer le temps requis pour atteindre le point donné.

Comme x = 5000 m et V = 1 m/s, *t* = 83 mn (figure 13).

Étape 3 Déterminer le rayon hydraulique r.

Comme L = 50 m et h = 5 m, r = 4,2 m (figure 14).

Étape 4 Déterminer le coefficient de diffusion turbulente E.

Comme r = 4,2 m et V = 1 m/s, E = 60 m^2/s (figure 15).

Étape 5 Determiner alpha.

Comme E = 69 m^2/s et *t* = 83 mn, α = 2000 (figure 16).

Étape 6 Déterminer delta.

Comme α = 2000 et *m* = 9 tonnes, Δ = 4 (figure 17).

Étape 7 Calculer la surface de la section s mouillée.

s = L x h = 50 x 5 = 250 m^2.

Figure 19

PHÉNOL

VOLUME D'EAU
EN FONCTION DU RAYON HYDRAULIQUE

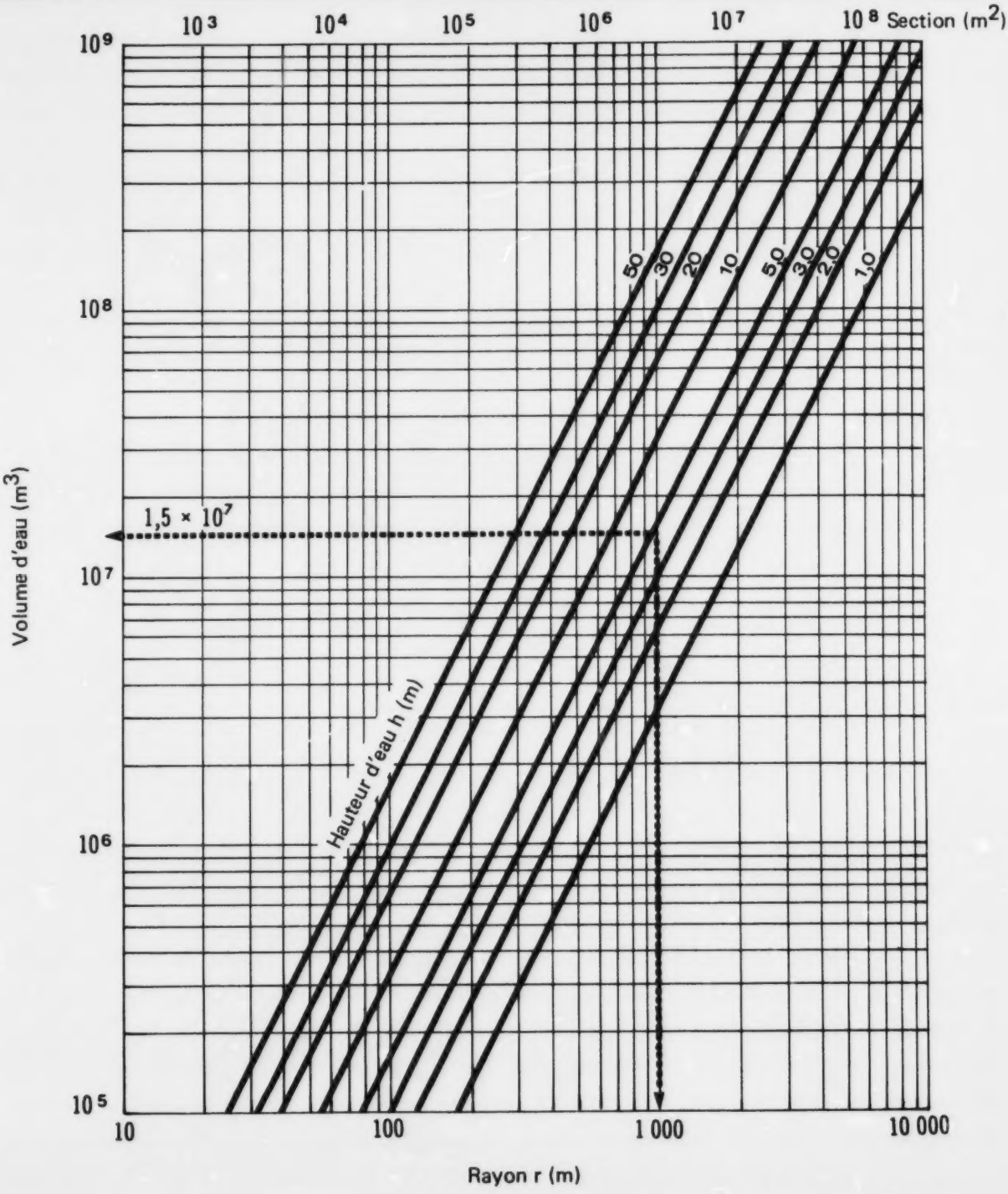
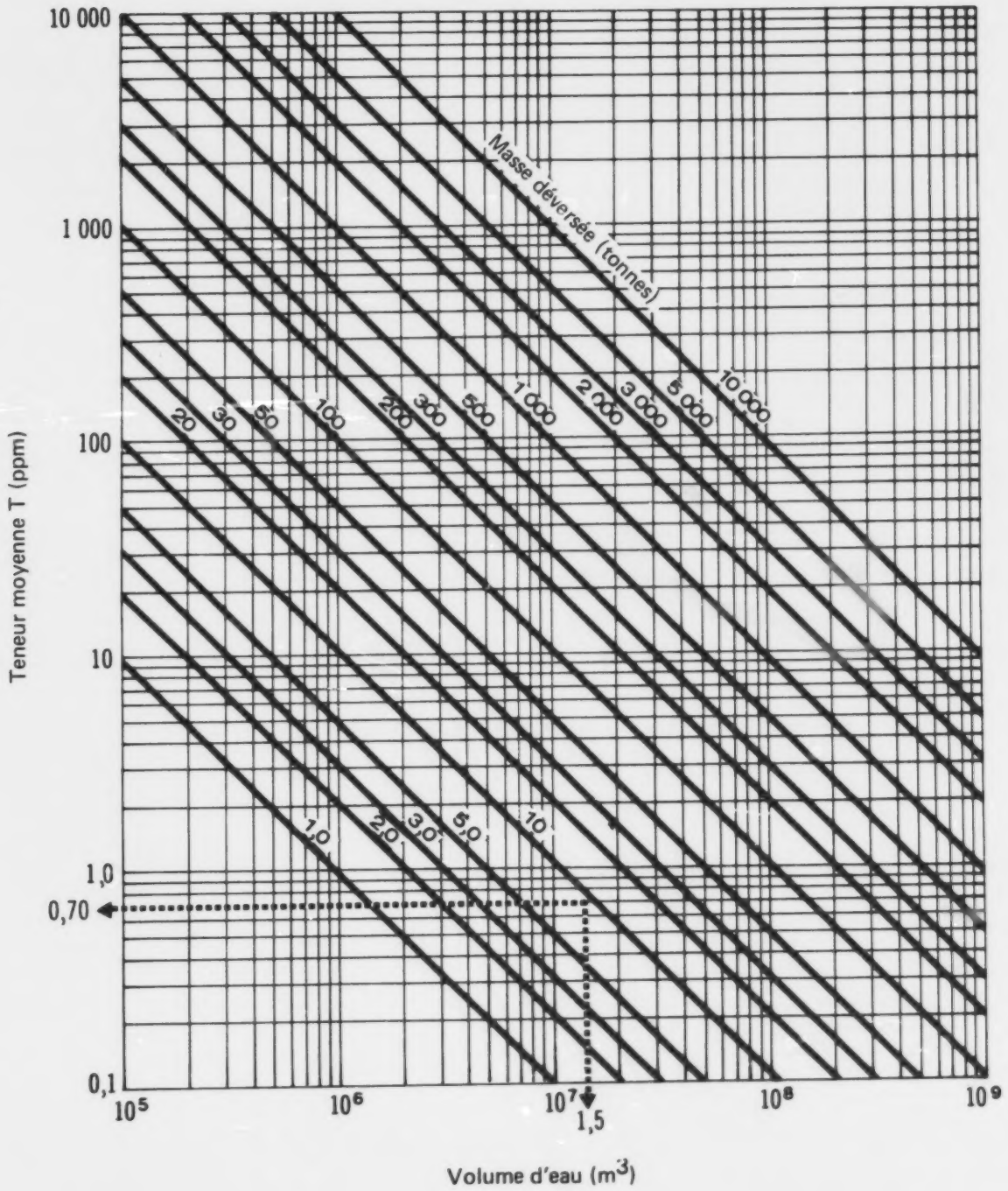


Figure 20

PHÉNOL

TENEUR MOYENNE
EN FONCTION DU VOLUME D'EAU



Étape 8 Déterminer la teneur maximale T au point donné.
Comme $\Delta = 4,5$ et $s = 250\ m^2$, T = 19 ppm (figure 18).

5.4.3.2 Teneur en polluant d'un lac au repos ou autre plan d'eau. - Vingt tonnes d'une solution de phénol à 45 p. 100 ont été déversées dans un lac. Le point qui nous intéresse se trouve le long de la rive, à environ 1000 m du lieu du déversement. Entre ce lieu et le point déterminé, la hauteur d'eau moyenne est de 5 m. Quelle est la teneur prévisible en ce point?

Étape 1 Déterminer les paramètres.
h = 5 m; r = 1000 m; m = 9 tonnes (valeur équivalente).

Étape 2 Déterminer le volume d'eau assurant la diffusion.
Comme r = 1000 m et h = 5 m, vol. = $1,5 \times 10^7\ m^3$ environ (figure 19).

Étape 3 Déterminer la teneur moyenne.
Comme vol. = $1,5 \times 10^7\ m^3$ et m = 9 tonnes, T = 0,7 ppm (figure 20).

5.5 Comportement dans le sol de surface et dans le sous-sol

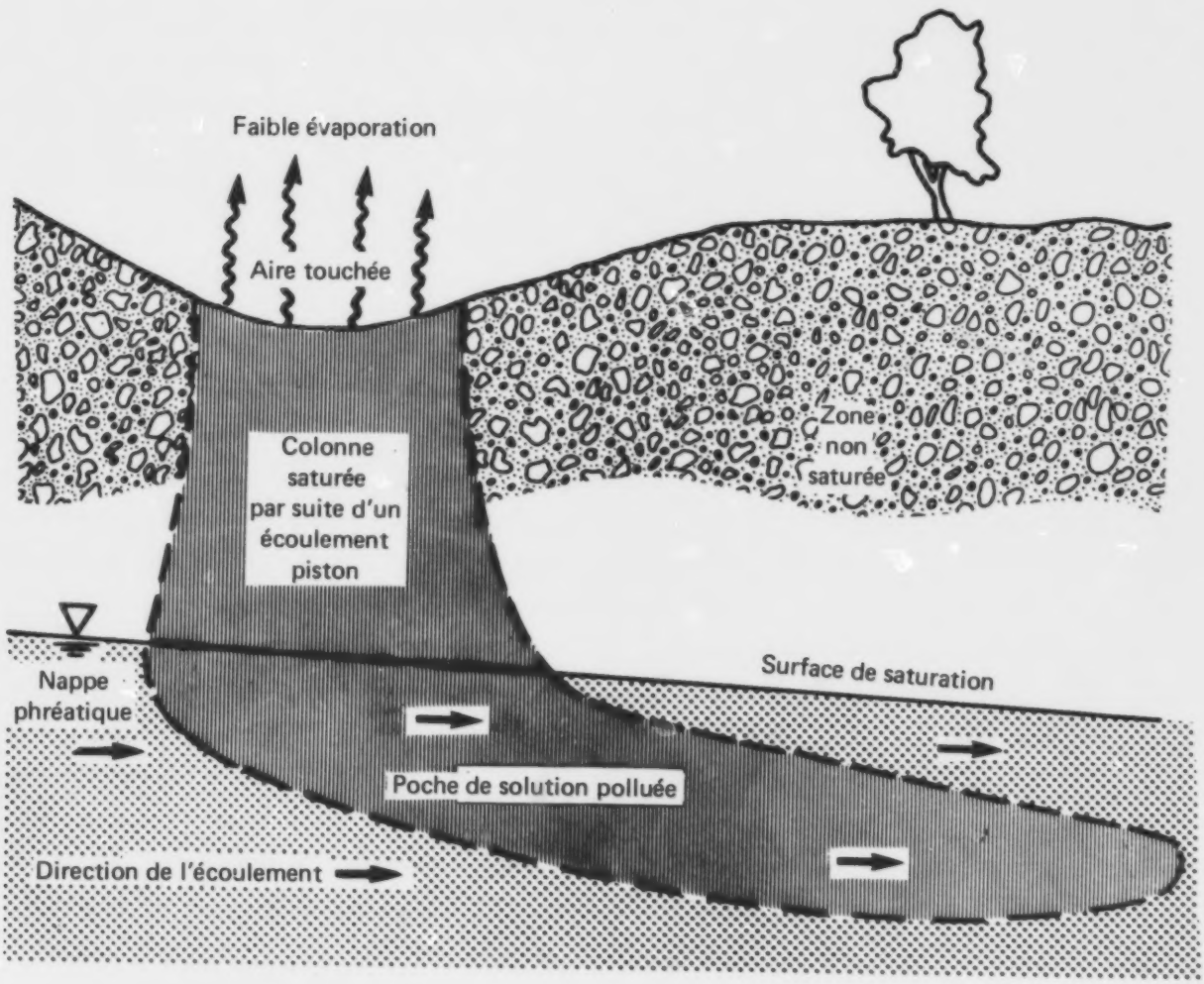
5.5.1 Introduction. - Les lois de la migration des fluides dans le sol, ainsi que leur application dans le cadre de la collection "Enviroguide", sont exposées dans le manuel d'introduction de la collection. Les éléments dont il faut tenir compte dans le cas du déversement et de la migration du phénol sont présentés dans les paragraphes qui suivent.

Le phénol est à l'état solide lorsque la température est inférieure à 41 °C. En cas de déversement, le danger de pollution des eaux souterraines n'est pas très grand si le sol est sec et qu'aucune précipitation ne l'atteint avant le nettoyage. En revanche, si le sol est humide ou s'il reçoit de l'eau sous forme de précipitation, il est à prévoir que la nappe phréatique sera atteinte. Comme le phénol est hydrosoluble (6,7 g/100 ml à 16 °C), une solution diluée peut pénétrer dans le sol, où il se produira une certaine interaction, probablement de l'adsorption, entre ce dernier et le phénol. Toutefois, il est probable que la plus grande partie du polluant migrera en profondeur.

Si le sol de surface est saturé en eau au moment où se produit le déversement, comme cela peut être le cas à la suite d'une précipitation, le produit déversé ruissellera. Dans la présente section, les auteurs ont attribué au sol une capacité normale d'humidité, dite capacité au champ. Le sol recèle alors très peu d'eau interstitielle susceptible de diluer le produit au cours de sa migration ou de freiner son mouvement descendant; il s'agit de la pire éventualité. Lorsque le polluant atteint la nappe phréatique, il continue sa migration dans la direction de l'écoulement de l'eau de la nappe. Il forme une poche de pollution dont la teneur est quelque peu diminuée par les phénomènes de diffusion et de dispersion (voir la figure 21).

Figure 21

PHÉNOL — **MIGRATION DANS LE SOUS-SOL**



Sol: sable grossier
Porosité = 0,35
Perméabilité intrinsèque = 10^{-9} m^2
Capacité au champ = 0,075

5.5.2 Migration du polluant dans un sol à capacité au champ. - Les équations et les postulats utilisés pour déterminer la migration du polluant dans la zone non saturée, jusqu'à la nappe phréatique, sont présentés dans le *Manuel d'introduction Enviroguide*. Les vitesses de migration font intervenir la loi de Darcy, alors qu'on pose comme hypothèse la formation d'une colonne saturée en solution polluée, par suite d'un écoulement en bloc (ou écoulement piston).

5.5.3 Coefficient de perméabilité d'un sol saturé vis-à-vis du polluant. - Le coefficient de perméabilité K_0 (ou conductivité hydraulique) mesure la perméabilité d'un sol saturé donné vis-à-vis d'un fluide donné. K_0, qui s'exprime en m/s, est donné par la formule suivante:

$$K_0 = \frac{(\rho g)\, k}{\mu}$$

où: k = perméabilité intrinsèque du sol (m^2)

ρ = masse volumique du fluide (kg/m^3)

μ = viscosité absolue du fluide (Pa . s)

g = accélération de la pesanteur = 9,81 m/s^2

Les fluides retenus ici sont des solutions concentrées de phénol (> 60 p. 100 en poids) déversées au moment de l'accident et des solutions diluées résultant de la dissolution du phénol à l'état solide dans l'eau des précipitations. Comme il n'existe pas, à la connaissance des auteurs, de valeurs exactes de la masse volumique et de la viscosité absolue pour les solutions concentrées, les chiffres indiqués valent pour des solutions pures de phénol. Dans le cas des solutions diluées, les valeurs sont les mêmes que pour l'eau.

Valeurs établies pour les fluides

Paramètre	Solution de phénol titrant 80 p. 100 (20 °C)	Eau (20 °C)
Masse volumique (kg/m^3)	1060	1000
Viscosité absolue (Pa . s)	$3{,}0 \times 10^{-3}$	$1{,}0 \times 10^{-3}$
Coefficient de perméabilité du sol saturé (m/s)	$(0{,}35 \times 10^7)k$	$(0{,}98 \times 10^7)k$

5.5.4 Types de sol. - Le *Manuel d'introduction Enviroguide* décrit les trois types de sol retenus pour les besoins de la présente section. Le tableau ci-dessous présente les valeurs établies pour les paramètres qui influent sur la migration des fluides.

Valeurs établies pour les sols

Paramètre	Sable grossier	Sable limoneux	Till argileux
Porosité (m^3/m^3)	0,35	0,45	0,55
Perméabilité intrinsèque (m^2)	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}
Capacité au champ (m^3/m^3)	0,075	0,3	0,45

5.5.5 Nomogrammes de la migration. - Un nomogramme de la migration du fluide dans la couche de sol non saturée (c.-à-d. à capacité au champ) située au-dessus de la nappe phréatique a été préparé pour chaque type de sol mentionné. Chaque nomogramme montre la hauteur totale de migration h_m en fonction du temps de migration pour un volume donnée de fluide déversé au sein d'une colonne de sol d'une superficie donnée. Vu les méthodes utilisées et les hypothèses posées, la profondeur atteinte par le fluide après un temps donné doit être considérée comme maximale. Le lecteur trouvera à la figure 22 le plan d'utilisation des nomogrammes présentées aux figures 23 à 25.

La droite représentant la profondeur atteinte par l'eau correspond à la profondeur maximale d'infiltration de l'eau à une température de 20 °C, pour un temps donné. Elle correspond donc à la hauteur maximale de migration du polluant dilué à l'extrême au contact de l'eau.

5.5.6 Exemple de calcul. - Vingt tonnes d'une solution de phénol titrant 80 p. 100 ont été déversées sur un sol constitué de sable limoneux. Le rayon de l'aire touchée est de 8,6 m; la température est de 20 °C. Au cours du nettoyage, il commence à pleuvoir. Calculer la profondeur atteinte par le polluant, huit jours après la pluie.

Étape 1 Déterminer la valeur des paramètres.

Masse déversée = 20 000 kg (20 tonnes métriques)

Température = 20 °C

Rayon de l'aire touchée = 8,6 m

Type de sol = sable limoneux

Profondeur de la surface de saturation = 13 m

Temps écoulé depuis le moment du déversement = 8 jours

Étape 2 Calculer la superficie de l'aire touchée.

Aire = πr^2 = 232 m^2

Étape 3 Évaluer la profondeur atteinte par le polluant après 8 jours.

Comme il s'agit de sable limoneux, après 8 jours la profondeur atteinte est de 2,5 m dans le cas de la solution titrant 80 p. 100 et de 7,0 m dans le cas d'une solution diluée à l'extrême. La surface de saturation n'est donc pas atteinte.

Figure 22

PHÉNOL

PLAN D'UTILISATION DES NOMOGRAMMES

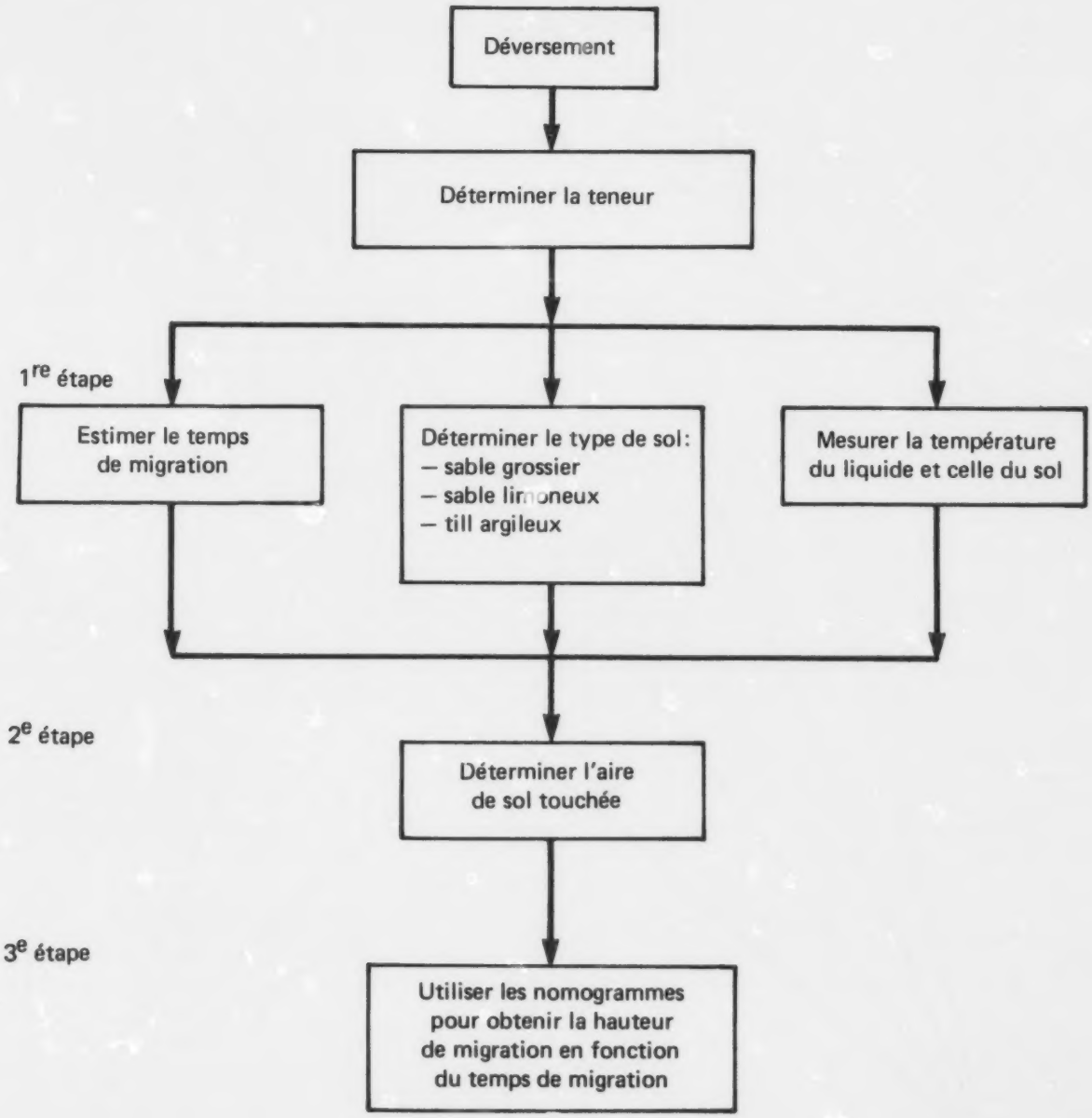


Figure 23

PHÉNOL — **MIGRATION DANS UN SABLE GROSSIER**

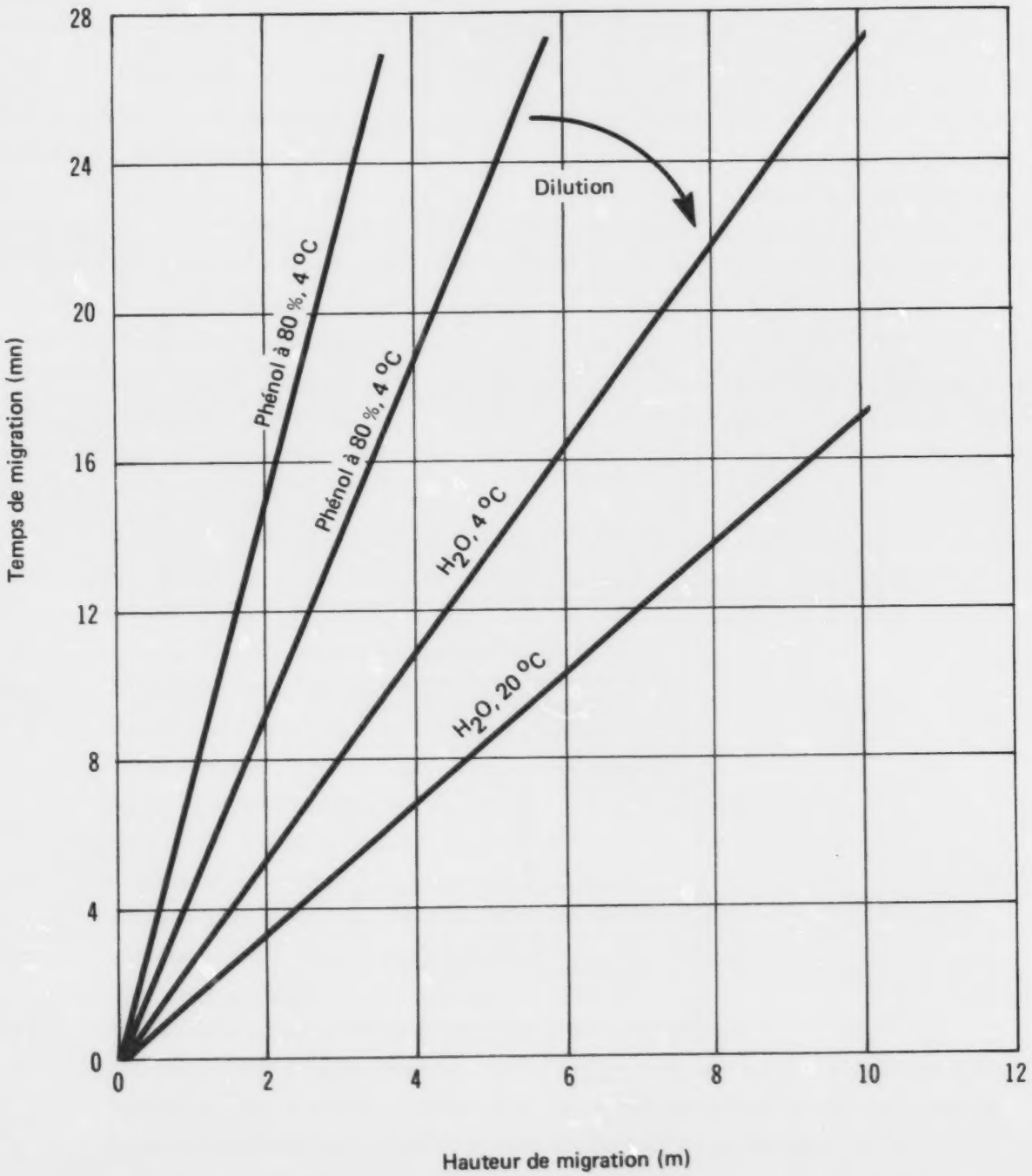


Figure 24

PHÉNOL — MIGRATION DANS UN SABLE LIMONEUX

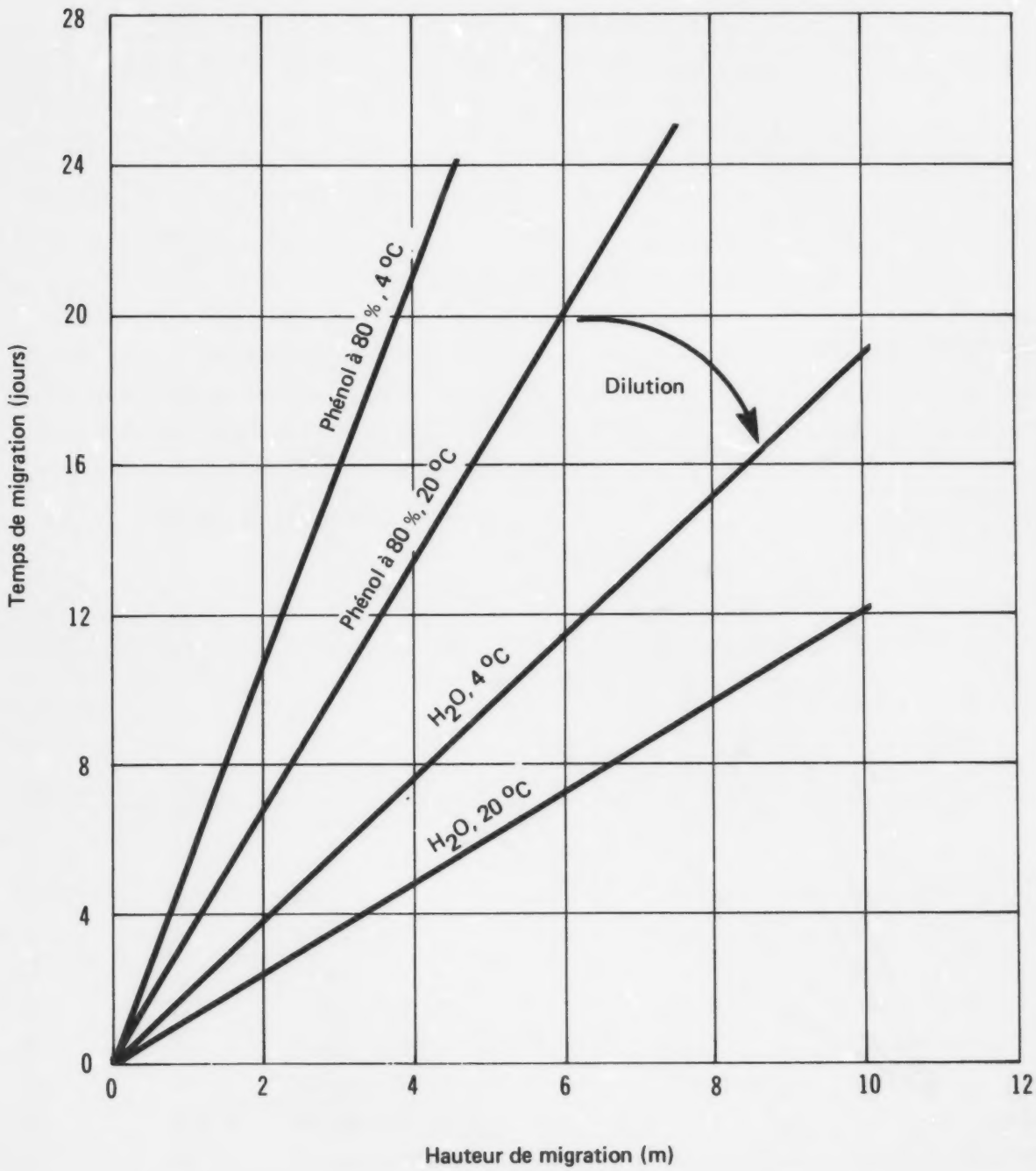
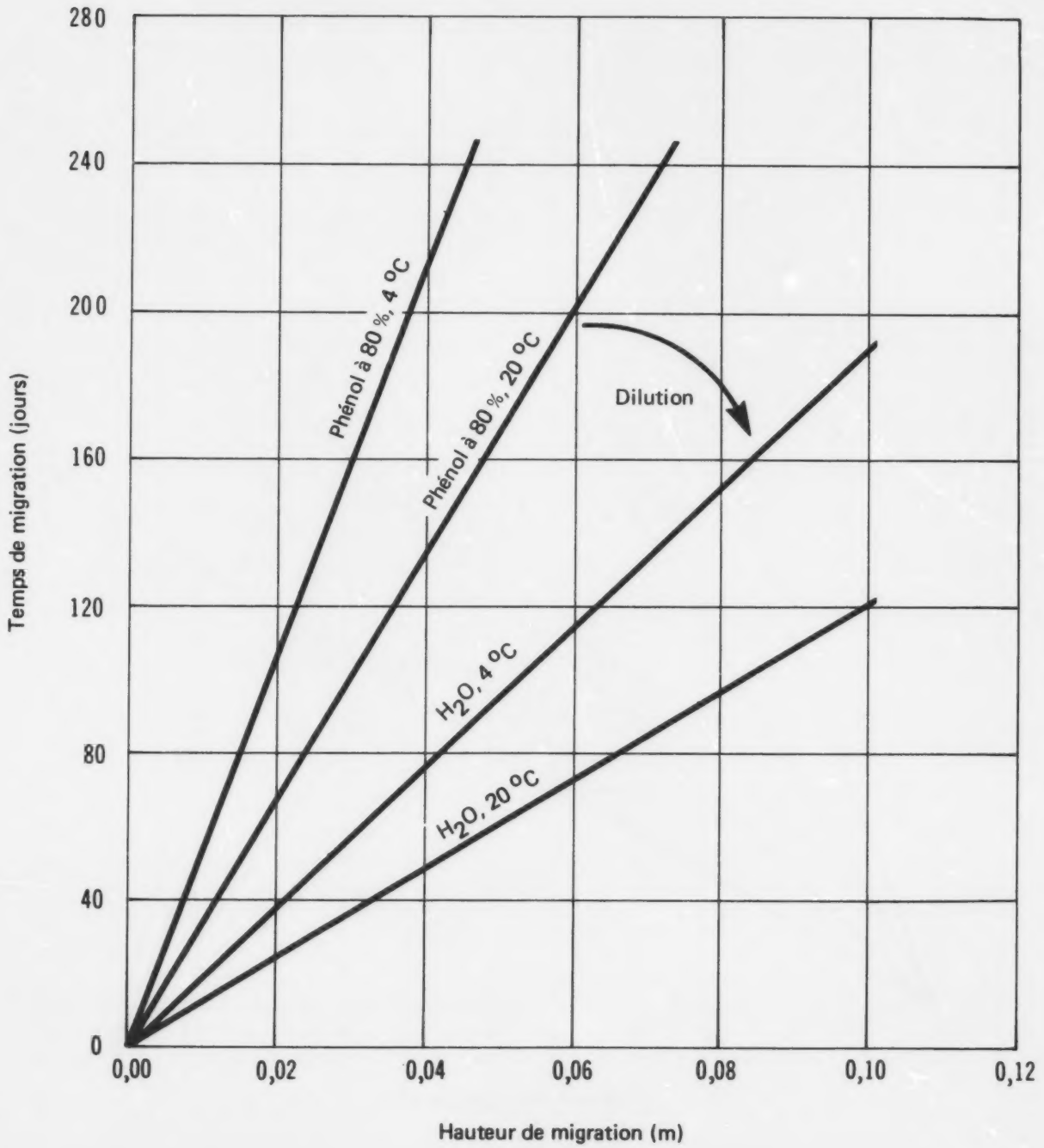


Figure 25

PHÉNOL — MIGRATION DANS UN TILL ARGILEUX



6 PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

6.1 Limites maximales admissibles

6.1.1 Qualité de l'eau. - Au Canada, la teneur maximale acceptable en phénol de l'eau de boisson est de 0,100 mg/l (WQS, 1979; *Water Management Goals*, 1978). Aux États-Unis, les normes sont fixées à 0,100 mg/l et 0,300 mg/l; elles sont fondées sur les impressions sensorielles produites par le phénol (*Phenol EPA Criteria*, 1978).

6.1.2 Qualité de l'air. - En Ontario, la teneur limite en phénol de l'air ambiant a été établie à 100 $\mu g/m^3$ (*Ontario E.P. Act*, 1971).

6.2 Toxicité pour les espèces aquatiques

6.2.1 Évaluation de la toxicité aux USA. - La tolérance moyenne pour 96 heures (TLm 96) au phénol correspond à des teneurs variant entre 10 et 100 ppm (RTECS, 1979).

Pour la protection des organismes aquatiques d'eau douce, l'EPA a établi une teneur limite moyenne de 600 µg/l pour 24 heures et une teneur plafond de 3400 µg/l, qui ne doit être dépassée à aucun moment (*Phenol EPA Criteria*, 1978).

6.2.2 Mesures de la toxicité

Toxicité pour les poissons

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Conditions	Source
0,4 - 0,6	8	Truite	Létal		Wilber, 1969
70 - 75	1	Crapet menu	Létal	Aéré	Wilber, 1969
9,3	42	Truite arc-en-ciel	Létal	15 °C	Brown, 1967
10	72	Poisson doré	Létal		Ellis, 1967
5 - 20	1	Doré jaune	Létal	Aéré	WQC, 1963
0,079	0,5	Ménés	Létal	Rivière	WQC, 1963
51	2	Poisson doré	Létal	Eau distillée	WQC, 1963
20		Ménés	Létal		Klein, 1957
28	24	Crapet arlequin	TL 50	Statique	Cairns, 1978
60	24	Crapet arlequin	TL 50		EPA, 1980
25,8	24	Crapet arlequin	TL 50	Eau douce	Verschueren, 1984
19	24 - 48	Crapet arlequin	TLm		Verschueren, 1984
22,7	24	Crapet arlequin	TLm	Eau normale de référence	Verschueren, 1984
23,9	48 - 96	Crapet arlequin	TLm	Eau douce	Verschueren, 1984

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Conditions	Source
5,7	96	Crapet arlequin	TLm		Verschueren, 1984
2,43	156	Crapet arlequin	TL 50	Dureté: 50	EPA, 1980
1,69	156	Crapet arlequin	TL 50	Dureté: 200	EPA, 1980
2,42-3,34	72 - 96	Crapet arlequin: embryons et larves	TL 50	Écoulement continu, pH de 7 à 9, dureté: 51, 18 - 26 °C	JWPCF, 1981
1,69-2,43	72 - 96	Crapet arlequin: embryons et larves	TL 50	Écoulement continu, pH de 7 à 8, dureté: 194, 18 - 26 °C	JWPCF, 1981
11,7	24	Omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*)	TL 50		EPA, 1980
4,2	27	Omble de fontaine, jeunes poissons	TL 50	Statique	Miller, 1975
10	Non précisée	Méné de lac	DL 10	Eau de la rivière Detroit	Verschueren, 1984
20	Non précisée	Méné de lac	DL 100	Eau de la rivière Detroit	Verschueren, 1984
25	24	Cyprin	TLm		Verschueren, 1984
65,34	24	Tête-de-boule	TL 50		EPA, 1980
40,6	24 - 48	Tête-de-boule	TLm	Eau douce	Verschueren, 1984
38,6	24 - 48	Tête-de-boule	TLm	Eau dure	Verschueren, 1984
41	48	Tête-de-boule	TL 50	Écoulement continu, 15 °C	Verschueren, 1984
28	48	Tête-de-boule	TL 50	Écoulement continu, 25 °C	Verschueren, 1984
33	72	Tête-de-boule	TL 50	Statique, 18 - 22 °C eau du lac Supérieur	Mattson, 1976
32	96	Tête-de-boule	TL 50	Statique, 18 - 22 °C eau du lac Supérieur	Mattson, 1976
36	96	Tête-de-boule	TLm	Écoulement continu, 15 °C	Verschueren, 1984

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Conditions	Source
24	96	Tête-de-boule	TLm	Écoulement continu, 25 °C	Verschueren, 1984
28 - 29	96	Tête-de-boule	TL 50	Écoulement continu, 25 °C	JWPCF, 1982
67,5	96	Tête-de-boule	TL 50	Écoulement continu, dureté: 707, 14 °C	JWPCF, 1981
24,9	96	Tête-de-boule	TL 50	Écoulement continu, 25 °C	JWPCF, 1981
34,3	96	Tête-de-boule	TL 50	Eau douce	Verschueren, 1984
32	96	Tête-de-boule	TL 50	Eau dure	Verschueren, 1984
29	96	Tête-de-boule	TL 50	Eau dure	Phipps, 1981
22	122 - 127	Tête-de-boule	TL 50	Eau dure	EPA, 1980
22 - 33	192	Tête-de-boule	TL 50	Écoulement continu, 25 °C	JWPCF, 1982
0,75-2,5	720	Tête-de-boule	TL 50	Écoulement continu, 14 °C, pH 8,0, dureté: 725	JWPCF, 1981
36,3	48 - 96	Poisson-drapeau de Floride (*Jordanella floridae*)	TL 50	Écoulement continu, 25 °C	Verschueren, 1984
11,2 - 25	48	Ide dorée	TL 50		JWPCF, 1983
16 - 60,5	24	Chatte de l'est	TL 50	Statique	Cairns, 1978
35 - 129	24	Chatte de l'est	TL 50	Statique, 5 - 15 °C	JWPCF, 1979
49,9	24	Poisson doré	TL 50	Eau douce	Verschueren, 1984
46	24	Poisson doré	TL 50	Statique, 20 °C, pH 7,0	Bridie, 1979
60	24	Poisson doré	TL 50	Réoxygéné, 20 °C	JWPCF, 1980
46	24	Poisson doré	TL 50	Statique, 20 °C	JWPCF, 1980
49,1	48	Poisson doré	TL 50	Eau douce	Verschueren, 1984
44,5	48	Poisson doré	TLm		Verschueren, 1984
44,5	96	Poisson doré	TL 50	Eau douce	Verschueren, 1984

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Conditions	Source
44 - 49	96	Poisson doré	TLm	25 °C	Middlebrooks, 1983
0,840	180	Poisson doré: embryons et larves	TL 50	Dureté: 50	EPA, 1980
0,34	180	Poisson doré: embryons et larves	TL 50	Dureté: 200	EPA, 1980
0,84 - 1,22	96	Poisson doré: embryons et larves	TL 50	Écoulement continu, 18 - 26 °C	JWPCF, 1981
0,39 - 1,22	84	Poisson doré: embryons et larves	TL 50	Dureté: 50 à 200	EPA, 1980
30	24	Guppy	TL 50	pH 7,3	Verschueren, 1984
49,9	24 - 48	Guppy	TL 50	Eau douce	Verschueren, 1984
39,2	96	Guppy	TL 50	Eau douce	Verschueren, 1984
47,5	96	Guppy	TL 50		JWPCF, 1983
32,7	97	Kharda	TL 50	Statique, 24 °C, pH de 6,8 à 7,6	JWPCF, 1982
28,9	96	Kharda	TL 50	Réoxygéné, pH 6,0	JWPCF, 1982
63	25	Mollys	TL 50		EPA, 1980
22	50	Mollys	TL 50		EPA, 1980
22,7	96	Gambusie	TL 50		Verschueren, 1984
22,2	48	Gambusie	TL 50		Verschueren, 1984
56	24	Gambusie	TL 50		Verschueren, 1984
12,5	96	*Nopterus nopterus*	TL 50	Statique	Verma, 1983
46	48	*Ophicephalus punctatus*	TL 50	Statique	Verschueren, 1984
12,5	96	Patra	TL 50	Statique, 24 °C	JWPCF, 1982
11,5	96	Patra	TL 50	Réoxygéné, pH 6,0	JWPCF, 1982
9	1	Perche	TL 100		Verschueren, 1984
12,2	2	Truite arc-en-ciel	TL 50		EPA, 1980
5,6 - 11,3	24	Truite arc-en-ciel	TL 50		EPA, 1980
8,21	24	Truite arc-en-ciel	TLm	Écoulement continu, 20 - 25 °C	JWPCF, 1979

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Conditions	Source
4	24	Truite arc-en-ciel	Insuffisance respiratoire aiguë	Dureté: 3,8, 20 °C, pH 8	Sloof, 1979
9,0 - 10,4	48	Truite arc-en-ciel	TL 50	Écoulement continu, 15 °C, pH de 7,4 à 7,7	JWPCF, 1980
7,7	48	Truite arc-en-ciel	TL 50	Écoulement continu, dureté: 75 à 89	JWPCF, 1980
9,2 - 10,8	48	Truite arc-en-ciel	TL 50	Écoulement continu, dureté: 75 à 89, 15 °C	Alexander, 1978
8,9	96	Truite arc-en-ciel	TL 50	Écoulement continu, 14 °C, pH 8	JWPCF, 1981
5,62	96	Truite arc-en-ciel	TLm	Écoulement continu, 25 °C	JWPCF, 1977
4,0	2160	Truite arc-en-ciel	TLm		Verschueren, 1984
0,07	528	Truite arc-en-ciel embryon	TL 50	Dureté: 200	EPA, 1980
0,33	552	Truite arc-en-ciel: embryon	TL 50	Écoulement continu, 13 - 15 °C	JWPCF, 1981
0,31	96	Truite arc-en-ciel: larves	TL 50	Écoulement continu, 13 - 15 °C	JWPCF, 1981
< 0,2	1392	Truite arc-en-ciel: embryons et larves	TL 50	Écoulement continu, 14 °C, pH 7,8, dureté: 580	JWPCF, 1981
15	24	Gardon	TLm		Verschueren, 1984
39,4	96	Singii	TL 50	Statique, 24 °C, dureté: 66	JWPCF, 1982
37,4	96	Singii	TL 50	Réoxygéné, pH 6,0	JWPCF, 1982
17	24	Tanche	TLm		Verschueren, 1984

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Conditions	Source
30,9	48	Fouille-roche	TL 50	Écoulement continu, 25 °C	Verschueren, 1984
29,0	96	Fouille-roche	TL 50	Écoulement continu, 25 °C	Verschueren, 1984
27,8	96	Fouille-roche	TL 50		JWPCF, 1983

Toxicité pour les invertébrés d'eau douce

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Conditions	Source
21 - 61	25 - 50	Daphnia magna	TLm		Verschueren, 1984
92,3	48	Daphnia magna	TL 50	Statique	JWPCF, 1980
8 - 10	Non précisée	Daphnia	Létal		Wilber, 1969
96 - 110	48	Daphnia magna	TL 50	Statique	Cairns, 1978
5 - 14	96	Daphnia magna	TL 50		EPA, 1980
341 - 360	48	Annélide (*Aeolosoma headleyi*)	TL 50		Cairns, 1978
205 - 300	48	Rotifère (*Philodina acuticornis*)	TL 50		Cairns, 1978
350	48	Escargot (*Limnaea stagnalis*)	TL 50		EPA, 1980
351 - 389	48	Escargot (*Nitrocris* sp.)	TL 50		EPA, 1980
260 - 320	48	Escargot (*Physa fontinalis*)	TL 50		EPA, 1980
780	48	Clam (*Sphaerium corneum*)	TL 50		EPA, 1980
15 - 78	48	Isopode (*Asellus aquaticus*)	TL 50		EPA, 1980

Toxicité pour les espèces marines

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Conditions	Source
18 000	0,15	*Gobius minatus*	TL 50	15 °C	Verschueren, 1984
320	0,45	*Gobius minatus*	TL 50	15 °C	Verschueren, 1984
85	1	*Gobius minatus*	TL 50	15 °C	Verschueren, 1984
20	31	*Gobius minatus*	TL 50	15 °C	Verschueren, 1984
15	6	*Gobius minatus*	TL 50	15 °C	Verschueren, 1984
13	12	*Gobius minatus*	TL 50	15 °C	Verschueren, 1984
10	40	*Gobius minatus*	TL 50	15 °C	Verschueren, 1984
9	96	*Gobius minatus*	TL 50	15 °C	Verschueren, 1984
10	Non précisée	Méné (*Phoxinus phoxinus*)	Seuil de létalité		JWPCF, 1981
0,51	12	Nehu (*Stolephorus purpureus*)	TL 50		EPA, 1980
17,5	48	Crevette	TL 50	Aéré	Portman, 1970
90	48	Crabe	TL 50	Aéré	Portman, 1970
85 - 100	Non précisée	Isopode (*Medisotea entomon*)	Seuil de létalité		JWPCF, 1981
32 - 41	Non précisée	Amphipode (*Gammarus duebeni*)	Seuil de létalité		JWPCF, 1981
56 - 157	24	Artémia	TLm	Statique	Price, 1974
55	288	Praires (*Mercenaria mercenaria*): larves	TLm	Statique	WQCDB-5, 1973
53	48	Praires: oeufs	TLm	Statique	Verschueren, 1984
58	48	Huître (*Crassostrea virginica*): oeuf	TLm	Statique	Verschueren, 1984
100	24	Praires	Dommage aux cellules		EPA, 1980
5600	0,05	Crevette (*Crangon crangon*)	TL 50	15 °C	Verschueren, 1984
400	0,45	Crevette (*Crangon crangon*)	TL 50	15 °C	Verschueren, 1984
120	1	Crevette (*Crangon crangon*)	TL 50	15 °C	Verschueren, 1984
80	3	Crevette (*Crangon crangon*)	TL 50	15 °C	Verschueren, 1984
40	6	Crevette (*Crangon crangon*)	TL 50	15 °C	Verschueren, 1984

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Conditions	Source
30	48	Crevette (*Crangon crangon*)	TL 50	15 °C	Verschueren, 1984
25	96	Crevette (*Crangon crangon*)	TL 50	15 °C	Verschueren, 1984

Toxicité pour les micro-organismes

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Conditions	Source
258	120	Diatomée (*Nitzschia linearis*)	TL 50	Statique	WQCDB-5, 1973
205 - 300	48	Rotifère (*Philodina acuticornis*)	TL 50		EPA, 1980
1500	48	Algue (*Chlorella pyrenoidosa*)	Destruction complète de la chlorophylle		EPA, 1980
470	80	Algue (*Chlorella vulgaris*)	Inhibition de la croissance: 20 p. 100		EPA, 1980
233	Non précisée	Algue (*Chlorella pyrenoidosa*)	Toxique		Jones, 1971
100	Non précisée	Algue (*Selenastrum capricornutum*)	Inhibition de la photosynthèse: 92 p. 100		Verschueren, 1984
200	19 - 163	Paramécie (*Chilomonas paramecium*)	Diminution de la croissance: 50 p. 100		EPA, 1980
64	Non précisée	Bactérie (*Pseudomonas putida*)	Inhibition de la multiplication des cellules		Verschueren, 1984
4,6	Non précisée	Algue (*Microcystis aeruginosa*)	Inhibition de la multiplication des cellules		Verschueren, 1984
7,5	Non précisée	Algue (*Scenedesmus quadricauda*)	Inhibition de la multiplication des cellules		Verschueren, 1984

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Conditions	Source
33	Non précisée	Protozoaire (*Entosiphon sulcatum*)	Inhibition de multiplication des cellules		Verschueren, 1984
144	Non précisée	Protozoaire (*Uronema parduczi*)	Inhibition de multiplication des cellules		Verscchueren, 1984
> 1000	Non précisée	Bactérie (*E. Coli*)	Inhibition de multiplication des cellules		Verschueren, 1984
70	Non précisée	Bactérie (*Pseudomonas fluorescens*)	Inhibition de la dégradation du glucose		Verschueren, 1984
500	17	Bactérie naturelle du sol	Inhibition de la dégradation de la cellulose: 72 p. 100; inhibition de la dégradation de l'amidon: 41 p. 100		Verschueren, 1984
500	200	Bactérie naturelle du sol	Inhibition de la dégradation de la cellulose: 44 p. 100; inhibition de la dégradation de l'amidon: 40,3 p. 100		Verschueren, 1984
2000	17	Bactérie naturelle du sol	Inhibition de la dégradation de la cellulose: 98,6 p. 100; inhibition de la dégradation de l'amidon: 98 p. 100		Verschueren, 1984

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Conditions	Source
2000	200	Bactérie naturelle du sol	Inhibition de la dégradation de la cellulose: 89 p. 100; inhibition de la dégradation de l'amidon: 85 p. 100		Verschueren, 1984

6.3 Toxicité pour les mammifères

Une teneur maximale de 1000 ppm a été proposée pour le bétail (WQC, 1963).

6.4 Autre toxicité dans l'air et sur terre

Une teneur maximale de 50 ppm a été proposée pour l'eau d'irrigation (WQC, 1963). Dans le cas des oiseaux aquatiques, la teneur maximale recommandée pour la toxicité chronique est de 25 ppm (Todd, 1970). La croissance de la lentille d'eau a diminué de 50 p. 100 lorsque la teneur en phénol était de 479 mg/l, et la TL 50 a été établie à 1504 mg/l (EPA, 1980).

6.5 Études sur les effets toxiques

Au cours d'une étude où des essais ont été effectués sur des truites, on a constaté que le phénol endommageait rapidement les branchies. À des teneurs suffisantes pour faire mourir 20 p. 100 des poissons en deux jours, les dommages causés durant une semaine ont été assez graves pour compromettre la survie et nuire à la reproduction (Mitrovic, 1968). L'odeur et le goût du poisson s'altèrent à des teneurs comprises entre 15 et 25 mg/l; dans le cas de la carpe et de la truite, cette teneur est de 25 mg/l (Verschueren, 1984). Des tests de réaction d'évitement effectués sur la truite arc-en-ciel ont permis d'établir le seuil de réaction d'évitement à une teneur variant entre 3,2 et 6,5 mg/l. On a constaté que les fonctions respiratoires de la carpe diminuaient à une teneur de 0,01 mg/l et que, à 0,084 mg/l, la croissance de la tête-de-boule était réduite (JWPCF, 1983).

6.6 Dégradation du polluant

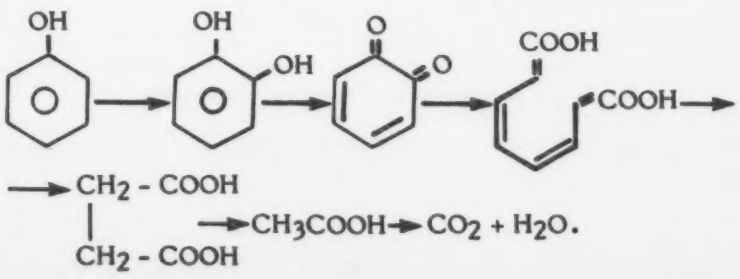
D.B.O. (kg/kg)	D.B.O. % théor.	Jour(s)	Milieu	Méthode(s)	Source
1,4, 1,6, 1,8	33 - 96	5	Eaux résiduaires de dilution	Diverses	Verschueren, 1984
> 1	90	5	Eaux résiduaires		Price, 1974
> 1	96	20	Eaux résiduaires		Price, 1974
> 1	55	5	Eaux résiduaires acclimatées	Eau salée	Price, 1974
< 1	39	0,5	Boues activées au phénol	Station d'épuration	Ryerman, 1966
< 1	34	8	Boues activées acclimatées à l'aniline	Station d'épuration	Ryerman, 1966

Des tests effectués sur des organismes anaérobies ont démontré que l'action inhibitrice du phénol sur la digestion, à une teneur de 100 mg/l, était peu importante (Johnson, 1983).

6.7 Devenir et effets à long terme

Le phénol réagit rapidement avec le chlore pour former un chlorophénol dont la valeur du seuil de goût est beaucoup plus faible. Il s'oxyde rapidement, notamment en milieu alcalin, pour former des produits comme les quinones.

La dégradation du phénol dans l'environnement peut être assez rapide pour se traduire localement par une teneur insuffisante en oxygène. Le taux de dégradation peut atteindre de 3 à 5 mg/l/j en présence de sol et de plantes, et 2 mg/l/j dans l'eau; l'assimilation biologique de 1 ppm de phénol peut prendre de 1 à 7 jours à 20 °C, et de 1 à 3 semaines à 4 °C (WQC, 1963). Dans le cas de l'eau des estuaires, la valeur de ce taux, calculé durant une période de 17 à 25 jours, est comprise entre 100 et 500 mg/l/j (Verschueren, 1984). Pour le poisson doré, des facteurs de bioconcentration d'environ 2 ont été trouvés. Ces résultats signifient que l'exposition au phénol ne devrait entraîner aucun problème de résidus (*Phenol EPA Criteria*, 1978). Voici comment, dans l'environnement, le phénol se dégrade biologiquement par oxydation (Verschueren, 1984):



7 PROTECTION DE LA SANTÉ

Le phénol (l'acide carbolique) est un composé chimique qui a eu beaucoup d'importance en médecine. Jusqu'au début du siècle, il était très employé pour la désinfection des pansements. Son administration par voie orale pour des fins thérapeutiques a été signalée (NIOSH, 1976). L'ingestion de phénol était aussi un moyen populaire et efficace de se suicider (NIOSH, 1976). En conséquence, les symptômes de l'administration par voie orale ont été bien décrits.

À 25 °C, le phénol est un solide cristallin. Il a une odeur de médicament ou de parfum qui soulève le coeur, perceptible à des teneurs inférieures aux limites d'exposition recommandées (Verschueren, 1984); on peut donc facilement s'apercevoir de sa présence (NIOSH/OSHA, 1981).

Les effets néfastes sur la santé le plus souvent signalés résultent d'une atteinte de la peau (NIOSH, 1976). Quant aux effets dus à l'ingestion, ils sont bien connus. La faible volatilité du phénol réduit évidemment le danger de l'inhalation (Doc. TLV, 1981).

Des tests de cancérogénicité, de mutagénicité et de tératogénicité ont été effectués chez des animaux. Il est probable que le phénol cause le cancer de la peau chez la souris; administré en fortes doses, il a provoqué la mort d'animaux à leur naissance. Toutefois, d'après le document de 1976 du NIOSH portant sur les critères relatifs au phénol, il n'existe aucune preuve que ce corps soit un agent cancérigène ou mutagène spécifique, notamment à de faibles teneurs dans les limites physiologiques normales (NIOSH, 1976). Le phénol figure dans l'inventaire TSCA de l'EPA.

Les données toxicologiques présentées ci-après proviennent de sources reconnues et fiables. Il est à noter que certaines données valent pour les expositions de longue durée à de faibles quantités de phénol et qu'elles ne s'appliquent peut-être pas directement aux situations créées par un déversement accidentel.

7.1 Normes d'exposition

Les normes d'exposition au phénol sont basées sur les effets locaux et systémiques de ce composés lorsqu'il atteint la peau (Doc. TLV, 1981). Les directives des provinces, au Canada, ressemblent en général à celles de l'ACGIH, à moins d'indication contraire.

Teneurs maximales admissibles

Norme	Origine	Teneur admissible	Source
		Moyenne pondérée en fonction du temps	
TLV• (8 h) (pour la peau)	ACGIH	5 ppm (19 mg/m^3)	TLV, 1983

Norme	Origine	Teneur admissible	Source
PEL (8 h)	OSHA	5 ppm (19 mg/m^3)	NIOSH/OSHA, 1981
PEL (10 h)	NIOSH	20 mg/m^3	NIOSH, 1976
Seuil d'intervention	OSHA	2,5 ppm (9,5 mg/m^3)	GE, 1980
		Exposition de courte durée	
STEL (15 mn)	ACGIH	10 ppm (38 mg/m^3)	TLV, 1983
Plafond (15 mn)	NIOSH	60 mg/m^3	NIOSH, 1976

Autres aspects de la toxicité pour l'homme

Notion	Origine	Teneur dangereuse	Source
IDLH	NIOSH/OSHA	100 ppm	NIOSH Guide, 1978
DT min. (ingestion)		14 mg/kg	ITII, 1981
Mort possible (ingestion)		1 g	Patty, 1981

7.1.1 Indice de toxicité par inhalation. - L'indice de toxicité par inhalation (I.T.I.) est une mesure de la capacité d'une substance de causer un dommage si elle est inhalée. On le calcule de la façon suivante:

I.T.I. = 1315,12 (pression de vapeur, en mm de Hg/TLV•)

À 20 °C, I.T.I. = 1315,12 (0,38 mm de Hg/5 ppm)

À 20 °C, I.T.I. = 1×10^2.

7.2 Données sur l'action irritante

7.2.1 Contact avec la peau. - Le phénol peut être absorbé par la peau et produire de graves effets systématiques, qui sont décrits dans la section 7.4.4. Les données présentées ci-dessous ont trait aux effets d'irritation seulement.

Exposition	Effets	Source
• CHEZ L'HOMME		
100 p. 100 (30 mn), en cristaux	Dans un gant, a causé la gangrène	Abraham, 1972 (NIOSH, 1976)
< 97 p. 100 (5 mn)	Brûlures aux mains, vue brouillée et fatigue	Watorski, 1952 (NIOSH, 1976)

Exposition	Effets	Source
Un goutte d'une solution à 90 p. 100		Roberts, 1926 (NIOSH, 1976)
20 s	Irritation locale	
12 mn	Oedème, perte de sensibilité	
31 mn	Sensation de cuisson	
1 h	Augmentation de la douleur et oedème	
2 h	Augmentation de la sensibilité au toucher	
44 h	Desquamation	
5 - 7 j	Formation d'une croûte et d'une escarre	
< 5 p. 100 (16 - 20 h)	Pansement humide et fermé sur un doigt: gangrène	Harrington, 1900 (NIOSH, 1976)
Non précisée	Changement de la pigmentation	Telegina et Boiko, 1972 (NIOSH, 1976)
Non précisée	En contact avec la peau, ne provoque pas de douleurs, mais blanchit la surface exposée. Peut causer une grave brûlure ou un empoisonnement systémique s'il n'est pas enlevé rapidement	NIOSH/OSHA, 1981
Non précisée	Intense sensation de brûlure, suivie d'une perte de sensibilité locale, puis d'une gangrène	Sax, 1981
• CHEZ LE LAPIN		
535 mg	Au contact d'une plaie à vif, a causé une grave inflammation	RTECS, 1979
500 mg (24 h)	Grave inflammation	RTECS, 1979

7.2.2 Contact avec les yeux

Exposition	Effets	Source
• CHEZ L'HOMME		
Solution de phénol à 50 p. 100 (contenant 35 p. 100 de crésol et 10 p. 100 de xylène)	Graves brûlures aux yeux, oedème de la conjonctive, opacification de la cornée, insensibilité à la lumière et hémorragie en dessous de la conjonctive	Winkler, 1939 (NIOSH, 1976)
Solution concentrée de phénol	Grave irritation de l'oeil causant une enflure de la conjonctive; hypoesthésie de la cornée, qui devient blanche; perte de la vision dans certains cas	NIOSH/OSHA, 1981

Exposition	Effets	Source
• CHEZ LE LAPIN		
5 mg	Grave irritation	RTECS, 1979

7.3 Données sur les propriétés organoleptiques

7.3.1 Odeur. - Le phénol dégage une odeur de médicament, de parfum qui soulève le coeur (Verschueren, 1984); une odeur de parfum ou de goudron (CHRIS, 1978). Valeur du seuil de perception: 16 à 20 °C (Verschueren, 1984).

Paramètre	Milieu	Teneur	Source
Seuil de perception		3 ppm	NIOSH/ OSHA, 1981
Seuil de perception		5 ppm	NIOSH/ OSHA, 1981
Identification		0,048 - 16,4 ppm	Verschueren, 1984
Seuil de perception	Eau	1 - 10 ppm	EPA, 1980
Seuil de perception	Eau	60,0 ppm	ASTM, 1980
Seuil de perception		106 ppm	ASTM, 1980
Seuil de perception		5 ppm et plus	Patty, 1981
Seuil de perception	Solution aqueuse	25 mg/l	Patty, 1981

7.3.2 Saveur. - Le phénol a une saveur piquante et brûlante (Verschueren, 1984).

Paramètre	Milieu	Teneur	Source
Seuil de perception	Eau	5,90 ppm	ASTM, 1980
Seuil d'identification	Air	0,0470 ppm	ASTM, 1980
Seuil de perception	Air	1,00 ppm	ASTM, 1980
Seuil d'identification	Air	0,0470 ppm	ASTM, 1980
Seuil gustatif	Eau	0,3 - 1 ppm	EPA, 1980

7.4 Études sur les effets toxiques

7.4.1 Inhalation

Exposition	Effets	Source
	A. - Exposition de courte durée	
• CHEZ L'HOMME		
0,024 mg/m^3 (15 s)	Réflexe électrocortical conditionné	Mukhitov, 1964 (NIOSH, 1976)
0,0155 mg/m^3 (5 mn)	Sensibilité accrue à la lumière chez les personnes dont la vue est adaptée à l'obscurité	Mukhitov, 1964 (NIOSH, 1976)
6 - 20 mg/m^3 (8 h, entrecoupées de deux périodes de repos de 30 mn)	Aucun effet nuisible; absorption du phénol par les poumons dans une proportion de 60 à 88 p. 100 Excrétion accrue de phénol dans l'urine au cours de la période d'exposition, et retour à la normale dans les 24 heures qui suivent	Piotrowski, 1971 (NIOSH, 1976)
	B. - Exposition de longue durée	
• CHEZ L'HOMME		
48 ppm (5 - 10 mn/h) (teneur moyenne)	Exposition intermittente Irritation marquée des yeux, des muqueuses du nez et de la gorge chez les travailleurs Aucune irritation des voies respiratoires en dépit de l'odeur perceptible de phénol	Doc. TLV, 1981
5 ppm	Facteur de sécurité suffisamment élevé pour prévenir une intoxication générale si l'absorption par la peau peut être évitée (d'après les auteurs)	Thomas et Beck, 1964 (Doc. TLV, 1981)
2 - 3 ppm	Intoxication chez des travailleurs russes due, croit-on, au phénol	Doc. TLV, 1981
185 mg/m^3 (5 - 10 mn/j, 8 h/j) (présence de HCHO, teneur de 9,8 mg/m^3)	Irritation marquée des muqueuses du nez, de la gorge et des yeux; peut être due principalement à HCHO	ACGIH, 1971 (NIOSH, 1976)
0 - 12,5 mg/m^3 (8 h/j)	Aucun effet nuisible Excrétion accrue de phénol dans l'urine	Petrov, 1963 (NIOSH, 1976)
8,8 - 12,2 mg/m^3 (8 h/j)	"Empoisonnement" (exposition aux vapeurs provenant des effluents de l'extinction du coke)	Petrov, 1963 (NIOSH, 1976)

7.4.2 Ingestion

Exposition	Effets	Source
	A. - Exposition de courte durée	
• CHEZ L'HOMME		
128 g (phénol à 100 p. 100)	Mort	Stevens et Callaway, 1940 (NIOSH, 1976)
64 g (phénol à 100 p. 100)	Mort	Hunt et Gettler, 1923 (NIOSH, 1976)
56 g (phénol à 88 p. 100)	Syncope	Bennett et coll., 1950 (NIOSH, 1976)
39 g (phénol à 90 p. 100)	Mort	Schleicher, 1891 (NIOSH, 1976)
32 g (phénol à 100 p. 100)	Mort	Hunt et Gettler, 1923 (NIOSH, 1976)
32 g (phénol à 100 p. 100)	Coma	Sheppe, 1935 (NIOSH, 1976)
26 g (phénol à 82 p. 100)	Mort	Taylor, 1919 (NIOSH, 1976)
11 - 21 g (phénol à 100 p. 100)	Mort	Stajduhar-Carie, 1968 (NIOSH, 1976)
16 g (phénol à 100 p. 100)	Mort	Bennett et coll., 1950 (NIOSH, 1976)
4,8 g (phénol à 15 p. 100)	Mort	Anderson, 1869 (NIOSH, 1976)
1 g	Mort possible	Verschueren, 1984
140 mg/kg	Dose létale minimale	RTECS, 1979
14 mg/kg	Dose létale minimale	ITII, 1981
• CHEZ LE CHIEN		
500 mg/kg	Dose létale minimale	RTECS, 1979
• CHEZ LE CHAT		
100 mg/kg	Dose létale 50	AAR, 1981
80 mg/kg	Dose létale minimale	RTECS, 1979

Exposition	Effets	Source
• CHEZ LE LAPIN		
280 - 620 mg/kg	Dose élevée: les vingt animaux sont tous morts; dose de 420 mg/kg: cinq des dix animaux sont morts; faible dose: les quatre autres animaux ont survécu.	Deichmann et Witherup, 1944 (NIOSH, 1976)
400 - 600 mg/kg	Dose létale 50	Verschueren, 1984
420 mg/kg	Dose létale minimale	RTECS, 1979
• CHEZ LE RAT		
1500 mg/kg (solution à 100 p. 100)	Mort d'environ 50 p. 100 des animaux dans les sept jours	Deichmann et Witherup, 1944 (NIOSH, 1976)
530 - 550 mg/kg	Mort d'environ 50 p. 100 des animaux dans les sept jours	Deichmann et Witherup, 1944 (NIOSH, 1976)
414 mg/kg	Dose létale 50	RTECS, 1979
340 mg/kg (émulsion à 20 p. 100)	Mort d'environ 50 p. 100 des animaux dans les sept jours	Deichmann et Witherup, 1944 (NIOSH, 1976)
• CHEZ LA SOURIS		
300 mg/kg	Dose létale 50	RTECS, 1979
	B. - Exposition de longue durée	
• CHEZ L'HOMME		
0,43 g, 3 à 4 fois par jour (phénol à 0,9 p. 100)	Sensation de cuisson suivie de vertiges, d'un refroidissement, de sueurs abondantes, d'un affaiblissement du pouls et de la coloration de l'urine en vert	Fuller, 1869 (NIOSH, 1976)

7.4.3 Administration par voie sous-cutanée

Exposition	Effet	Source
• CHEZ LE CHAT		
80 mg/kg	Dose létale minimale	RTECS, 1979
• CHEZ LE LAPIN		
620 mg/kg	Dose létale minimale	RTECS, 1979

Exposition	Effets	Source
• CHEZ LE RAT		
650 mg/kg	Dose létale minimale	RTECS, 1979

7.4.4 Contact avec la peau. - L'absorption de phénol peut résulter d'une pénétration au travers d'une peau intacte et se traduire par des effets nocifs systémiques. Les effets locaux et les effets dus à une atteinte de la peau sont décrits en § 7.2.1.

Exposition	Effets	Source
	A. - Exposition de courte durée	
• CHEZ L'HOMME		
4 à 5 l d'une solution aqueuse à 78 p. 100 (2 - 5 mn)	De 4 à 5 litres répandus sur la partie supérieure du corps, contact de 2 à 5 mm: coma	Duverneuil et Ravier, 1962 (NIOSH, 1976)
Phénol à 100 p. 100 liquéfié (5 - 10 mn)	Contact de 5 à 10 mn avec les joues et le cuir chevelu avant les soins: mort	Gibson, 1905 (NIOSH, 1976)
Solution aqueuse contenant de 80 à 100 p. 100 de phénol (20 mn)	Contact de 20 mn avec la hanche, la cuisse et le scrotum: mort	Turtle et Dolan, 1922 (NIOSH, 1976)
Solution aqueuse "forte" (10 mn)	Contact de 10 mn avec le cuir chevelu, la figure, le cou, les épaules et le dos: mort	Gottleib et Storey (NIOSH, 1976)
Mélange d'eau usée contenant 43,5 p. 100 de phénol, 14 p. 100 de crésols, 11,5 p. 100 de composés organiques à point d'ébullition bas, 11 p. 100 de composés organiques à point d'ébullition élevé et 20 p. 100 d'eau (1 mn)	Contact d'environ 1 mn avec la partie inférieure du corps, lavage de 30 mn avec de l'eau tiède, écouvillonnage avec de l'éthanol durant 10 mn et répétition de ces opérations: choc	Evans, 1952 (NIOSH, 1976)
Saindoux contenant 20 p. 100 de phénol (1,5 h)	Surface recouverte d'un pansement fermé: coma	Evans, 1952 (NIOSH, 1976)
Solution aqueuse à 5 p. 100 (14,5 h)	Compresse imbibée d'une solution de phénol et placée sur un abcès à la cuisse: coma	Lucas et Lane, 1895 (NIOSH, 1976)
Solution aqueuse à 5 p. 100 (70 mn)	Compresse imbibée d'une solution de phénol et placée sur de la peau déchirée: coma	Lucan et Lane, 1895 (NIOSH, 1976)

Exposition	Effets	Source
5,8 - 6,8 ppm (5,5 h)	Aucune dose inhalée. Volontaires portant des sous-vêtements et des bleus de travail: excrétion accrue de phénol dans l'urine, mais aucun autre effet.	Piotrowski, 1971 (NIOSH, 1976)
1,2 - 1,4 ppm (5,5 h)	Aucune dose inhalée. Volontaires portant des sous-vêtements et des bleus de travail: excrétion accrue de phénol dans l'urine, mais aucun autre effet.	Piotrowski, 1971 (NIOSH, 1976)
• CHEZ LE LAPIN		
1600 - 6400 mg/kg (24 h)	Exposition à une émulsion aqueuse à 20 p. 100: taux de mortalité de 100 p. 100	Dow, 1975 (NIOSH, 1976)
850 mg/kg	Dose létale 50	RTECS, 1979
200 - 800 mg/kg (24 h)	Exposition à une émulsion aqueuse à 20 p. 100: taux de survie de 100 p. 100	Dow, 1975 (NIOSH, 1976)
64 - 380 mg/kg (24 h)	Exposition à une solution aqueuse contenant de 1,8 à 7,12 p. 100 de phénol: un cas de mortalité; dose la plus élevée: nécrose des tissus; doses moyennes: fort tremblement; faibles doses: hyperémie et faible tremblement	Deichmann et coll., 1950 (NIOSH, 1976)
• CHEZ LE RAT		
669 mg/kg	Dose létal 50	RTECS, 1979
670 mg/kg (24 h)	Tremblement des muscles et convulsions	Conning et Hayes, 1970 (NIOSH, 1976)
	B. - Exposition de longue durée	
• CHEZ L'HOMME		
Solution à 11 p. 100 dans l'huile d'olive (7 semaines)	Surface exposée recouverte d'un pansement: vomissements, dysphagie et couleur foncée de l'urine	Reid et coll., 1907 - 1908 (NIOSH, 1976)
Solution à 5 p. 100 dans l'huile (30 ans)	Ulcère de la peau recouvert d'un pansement fermé: ochronose	Goldberg, 1929 (NIOSH, 1976)
Solution à 5 p. 100 dans l'huile (12 ans et 10 ans)	Ulcère de la peau recouvert d'un pansement fermé: mort dans le premier cas, et ochronose, dans le second	Pope, 1906, et Goldberg, 1929 (NIOSH, 1976)

Exposition	Effets	Source
Lotion de calamine et de zinc contenant 1 p. 100 de phénol (1/j, 17 j)	Friction du cuir chevelu, des bras, de la poitrine, du dos et des jambes: coma	Light, 1931 (NIOSH, 1976)

7.4.5 Mutagénicité, tératogénicité, cancérogénicité

Exposition	Effets	Source
• CHEZ L'HOMME		
Non précisée	Cancer de la peau	Stevens et Callaway, 1940 (NIOSH, 1976)
• CHEZ LE RAT		
10 000 ppm (1 an)	Petits morts à la naissance	Heller et Pursell, 1938 (NIOSH, 1976)
7000 ppm (2 générations)	Arrêt prématuré du développement statural chez les jeunes rats	Heller et Pursell, 1938 (NIOSH, 1976)
3000 - 5000 ppm (5 générations)	Aucun changement important	Heller et Pursell, 1938 (NIOSH, 1976)
2500 ppm et 5000 ppm (103 semaines)	Eau potable: aucun effet cancérigène constaté à la suite des tests biologiques effectués par le NCI	GE, 1980
0 - 4000 ppm (5 générations)	Aucun changement	Heller et Pursell, 1938 (NIOSH, 1976)
• CHEZ LA SOURIS		
2500 - 5000 ppm	Ingestion: aucun effet cancérigène constaté à la suite des tests biologiques effectués par le NCI	GE, 1980
4000 mg/kg (24 semaines, de façon intermittente)	Dose toxique minimale; néoplasmes (contact avec la peau)	RTECS, 1979
16 g/kg (40 semaines, de façon intermittente)	Dose toxique; cancer (contact avec la peau)	RTECS, 1979
• ESPÈCES AUTRES QUE MAMMIFÈRES		
3 - 64 ppm	*Pseudomonas putida*: effets inhibitifs; *Paramecium candatum* et *Vorticella campanula*: perturbations	AAR, 1981

7.5 Symptômes et conséquences de l'intoxication

Aucune référence n'est donnée pour les symptômes de nature courante signalés dans la plupart des ouvrages de consultation. Seule la mention d'un symptôme ou d'un trouble de nature particulière ou inhabituelle est suivie d'une indication de source.

7.5.1 Inhalation

1. Salivation excessive
2. Céphalées (Sax, 1981)
3. Sensibilité accrue à la lumière chez les personnes dont la vue est adaptée à l'obscurité (NIOSH, 1976)
4. Réflexe électrocortical conditionné (NIOSH, 1976)
5. Éruptions sur la peau (ITII, 1981)
6. Toux
7. Irritation des yeux, des muqueuses du nez et de la gorge
8. Irritation des voies respiratoires
9. Respiration difficile (Sax, 1981)
10. Vomissements
11. Diarrhée
12. Perte de la sensibilité à la douleur (CHRIS, 1978)
13. Cyanose (AAR, 1981)
14. Oedème pulmonaire (AAR, 1981)
15. Mort

7.5.2 Ingestion

1. Vertiges (AAR, 1981)
2. Nausées
3. Vomissements
4. Douleurs abdominales
5. Jaunisse
6. Brûlure de la bouche, du pharynx et du tube digestif
7. Perforation de l'intestin (AAR, 1981)
8. Affaiblissement du pouls
9. Tremblements
10. Convulsions
11. Mort

7.5.3 Contact avec la peau

1. Étourdissements
2. Irritation

3. Dermatite
4. Brûlures
5. Nausées
6. Vomissements
7. Perte de la sensibilité à la douleur
8. Gangrène
9. Paralysie partielle (ITII, 1981)
10. Convulsions
11. Coma
12. Mort

7.5.4 Contact avec les yeux

1. Irritation
2. Graves brûlures (ARR, 1981)
3. Perte de la sensibilité à la douleur
4. Enflure de la conjonctive (NIOSH/OSHA, 1981)
5. Hypoesthésie de la cornée, qui blanchit (NIOSH/OSHA, 1981)
6. Papillomes (Patty, 1981)
7. Perte de la vue (NIOSH/OSHA, 1981)

8 COMPATIBILITÉ CHIMIQUE

8.1 Compatibilité entre le phénol et divers agents

Agent	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition	Formation de vapeurs toxiques	Formation de substances d'une plus grande toxicité	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Remarques	Source
En général														
Feu		●	●										Combustible; les vapeurs peuvent exploser en brûlant	Sax, 1979; NFPA, 1978
Chaleur		●				●							Production de vapeurs inflammables et toxiques	Sax, 1979; NFPA, 1978
Corps														
Acides perdisulfurique			●											Bretherick, 1979
Acide persulfurique			●											Bretherick, 1979
Butadiène			●					●					En présence d'un catalyseur et d'un solvant	NFPA, 1978
Chlorure d'aluminium et nitrobenzène			●										Mélange explosif	Bretherick, 1979
Formaldéhyde		●						●					Réaction d'emballement possible	Bretherick, 1979
Hypochlorite de calcium	●	●				●							Réaction exothermique et dégagement de vapeurs de phénol	

Agent	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition brutale	Formation de vapeurs toxiques	Formation de substances d'une plus grande toxicité	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Remarques	Source
Nitrite de sodium				●									Sous l'effet de la chaleur	Bretherick, 1979
Groupes de corps														
Alcalis et hydroxydes d'autres métaux					●								Possible avec des hydroxydes, par exemple avec de l'hydroxyde d'aluminium	CCPA, 1983
Chlorures de métaux					●								Possible avec des produits anhydres comme les chlorures de fer, d'étain et d'aluminium	CCPA, 1983
Composés polymérisables	●				●								Risque de polymérisation	EPA 600/2-80-076
Époxydes	●												Réaction possible avec des acides ou des bases; risque de polymérisation	EPA 600/2-80-076
Oxydants	●	●											Une oxydation complète peut déclencher un incendie	EPA 600/2-80-076
Réducteurs	●			●									Formation possible d'hydrogène gazeux inflammable	EPA 600/2-80-076

9 MESURES D'INTERVENTION ET DE SÉCURITÉ

9.1 Mesures recommandées

Les brefs exposés qui figurent dans la présente section sont repris des ouvrages sur lesquels a porté notre enquête bibliographique. Leur formulation d'origine a été respectée pour éviter toute déformation de sens; ce faisant, il a été impossible d'empêcher que n'apparaissent des divergences entre les sources d'information. En fait, les divergences au sujet de mesures qui s'appliquent à des cas particuliers ne sont qu'apparentes, l'information pouvant être correcte ou non selon la situation. Le lecteur notera que la mention d'une mesure ne constitue d'aucune façon une recommandation de la part d'Environnement Canada.

9.1.1 Danger d'incendie. - Le phénol est combustible (Dow ERIS, 1980). Soumis à l'action de la chaleur, il peut dégager des vapeurs inflammables qui forment dans l'air des mélanges explosifs (NFPA, 1978). Au contact d'oxydants énergiques, il peut aussi former des mélanges explosifs.

9.1.2 Moyens d'extinction. - Refroidir les récipients menacés par les flammes avec un jet d'eau pulvérisée. S'il s'agit d'un petit feu, utiliser de la poudre sèche, de la neige carbonique, de l'eau pulvérisée ou de la mousse anti-alcool. S'il s'agit d'un grand feu, employer de l'eau pulvérisée ou vaporisée ou de la mousse. Retirer les récipients de la zone d'incendie si cela ne présente aucun danger (ERC, 1980)

9.1.3 Mesures d'intervention en cas de déversement

9.1.3.1 Information générale. - Arrêter ou ralentir la fuite du produit si cela ne présente aucun danger. Éliminer toute source d'inflammation. Éviter tout contact avec la peau et ne pas inhaler les vapeurs (GE, 1980). Tout récipient fuyard devrait être transporté à l'extérieur ou dans un local isolé et bien ventilé et son contenu, transvasé dans un récipient adéquat (MCA, 1964).

Les matières suivantes sont recommandées pour colmater les fuites: la mousse de polystyrène, la mousse d'uréthane et le caoutchouc de butyle (EPA 68-01-0106).

Une couche de mousse à base de fluorocarbures peut être appliquée, là où le phénol s'est répandu, pour atténuer l'émanation de vapeurs et le risque d'inflammation (EPA 670/2-75-042). Le Cellosize est un absorbant qui serait peut-être efficace pour éliminer les vapeurs de phénol ou confiner ce produit en cas de déversement (ICI, 1982).

9.1.3.2 Déversement sur le sol. - À l'état solide, le phénol doit être rapidement ramassé à la pelle en vue de sa récupération ou de son élimination (NIOSH/OSHA, 1981).

Lorsque la température ambiante est inférieure à 41 °C, le phénol déversé à l'état fondu se solidifie et peut être enlevé à la pelle. Si la température est supérieure à 41 °C, le phénol

peut être absorbé sur de la vermiculite, du sable sec ou de la terre, puis ramassé à la pelle et déposé dans des récipients métalliques munis de couvercles (NIOSH/OSHA, 1981; GE, 1980). Pour neutraliser ce qui reste du phénol déversé, on peut utiliser de la chaux, du bicarbonate de sodium ou du carbonate de calcium (EPA 670/2-75-042; CG-D-38-76).

Lorsqu'une grande quantité de phénol fondu a été déversée, essayer de la confiner à l'aide d'un barrage mécanique ou chimique, ou les deux à la fois, pour l'empêcher de se répandre davantage. Utiliser de la cendre volante ou du ciment (en poudre) pour absorber le gros du liquide (EPA 670/2-75-042).

9.1.3.3 Déversement dans l'eau. - Confiner le produit s'il est possible de le faire. Si la teneur en phénol de la zone touchée est de 10 mg/l ou plus, il est recommandé de répandre du charbon actif en quantité égale à 10 p. 100 de la quantité de produit déversé (EPA 670/2-75-042). L'emploi des absorbants suivants devrait aussi être envisagé: la floridine XXF, le Tonsil AC, la mousse de polyuréthane, l'Amberlite XAD-1-8, le Poly(ester sulphonique du styrène), l'Amberlite IR 45, le Dowex I et d'autres résines macroréticulaires (CG-D-38-76). Il est également recommandé de neutraliser le phénol sur place avec de la chaux ou du bicarbonate de sodium (EPA 670/2-75-042).

9.1.4 Nettoyage et traitement

9.1.4.1 Information générale. - Pour le traitement de l'eau polluée, il est recommandé de séparer les solides par gravité, de filtrer le liquide sur lit double et d'absorber les impuretés sur du charbon actif à raison de 1,0 kg par 10,0 kg de matières solubles. L'eau de lavage à contre-courant des appareils de filtration et d'adsorption est retournée au séparateur gravitaire (EPA 600/2-77-227).

Les procédés d'épuration suivants peuvent être utiles,

Procédé	% d'élimination (TSA, 1980)
Traitement biologique	62 - 100
Osmose inverse	6 - 100
Ultrafiltration	75
Stripping	À la vapeur
Extraction par solvant	4 - 98
Adsorption sur charbon	8 - 100
Adsorption sur résine	> 99
Clarification et décantation	> 99
Clarification et décantation avec addition d'un produit chimique (alun)	> 90

Procédé	% d'élimination (TSA, 1980)
Clarification et décantation avec addition d'un produit chimique (alun, polymère)	89
Clarification et décantation avec addition d'un produit chimique (alun, chaux)	96
Flottation par insufflation d'un gaz avec addition d'un produit chimique (chlorure de calcium, polymère)	80
Flottation par insufflation d'un gaz avec addition d'un produit chimique (polymère)	72
Filtration sur une matière granulaire	> 93
Boues activées	> 99
Étang de réoxygénation	> 99
Extraction par solvant	> 99
Adsorption sur du charbon actif granulaire	> 96
Addition de charbon en poudre (avec des boues activées)	> 85
Osmose inverse	80

9.1.4.2 Élimination au moyen d'une résine échangeuse (EPA 670/2-75-042). - Une résine échangeuse d'anions (l'Amberlite IRA 400-OH) a été jetée, à raison de 10 g/l, dans une solution contenant 1000 mg de phénol par litre et agitée magnétiquement. Au bout de 5 minutes, 76 p. 100 du phénol avaient été éliminés; après 85 minutes, il n'en restait plus.

9.1.4.3 Destruction par le peroxyde (OGJ, 1975). - Des expériences ont démontré que le peroxyde d'hydrogène, en présence de catalyseurs, peut oxyder le phénol, qui se transforme en dioxyde de carbone et en eau. Un pourcentage d'élimination de 99,94 a été obtenu en faisant réagir le phénol contenu dans une solution à 500 mg/l avec deux fois son poids de peroxyde. La réaction, indépendante de la température entre 21 et 49 °C, a duré moins de 5 minutes, et le sulfate ferreux s'est avéré le catalyseur le plus pratique.

9.1.4.4 Dégradation par le permanganate de potassium (JAWA, 1975). - En solution alcaline, le permanganate est un oxydant énergique; en quantité sept fois plus grande que celle du phénol, il peut dégrader ce composé, à 25 °C, dans une proportion de 90 p. 100. La réaction est complète à 90 p. 100 en moins d'une heure lorsque le pH est de 8,5 ou plus. L'addition de chaux, de carbonate de sodium anhydre ou de soude caustique élève le pH à sa valeur optimale, mais au-dessus de 10,0 des réactions autres que la dégradation du phénol se produisent.

9.1.4.5 Oxydation. - Des études en laboratoire ont démontré que l'ozone peut réduire de plus de 90 p. 100 la quantité de phénol dans des solutions dont la teneur varie entre 2 et 7 ppm

(CG-D-56-78). Dans certains cas, l'oxydation du phénol peut se faire par aération. Le processus est lent, et l'eau doit être confinée. Une aération d'une durée de 1 à 6 h est apparemment suffisante. Utilisé comme catalyseur, le charbon réduit considérablement le temps de barbotage. Lorsque l'eau est tiède et que la teneur en phénol est faible, il peut être avantageux d'avoir recours à l'aération ou à l'oxydation, dont l'efficacité est accrue par l'exposition à la lumière du soleil ou à la lumière ultraviolette (CG-D-38-76).

9.1.4.6 Réduction (CG-D-38-76). - Les sulfites et les sels ferreux réduisent le phénol et ils ont été employés pour épurer les eaux usées.

9.1.4.7 Biodégradation (CG-D-56-78). - Bien que cette technique ne soit pas jugée très prometteuse pour le moment, il est possible que des bactéries latentes aident à la décomposition du phénol, comme l'on indiqué certains essais effectués dans des étangs. En outre, les mêmes essais ont donné à penser que l'utilisation sur place de bactéries adaptées à ce produit dangereux, comme celle de bactéries non adaptées, serait un moyen efficace de biodégradation. Cette technique comporte des problèmes d'adaptation des cultures bactériennes, des difficultés de stockage et de manipulation et des incertitudes concernant la D.B.O. et l'introduction de bactéries pathogènes.

9.1.4.8 Oxydation de la phase gazeuse (Indus. Eng. Chem., 1973). - Des études ont démontré que le taux d'oxydation du phénol présent en faible quantité et passant dans un courant de vapeur air-eau sur de l'oxyde de cuivre soutenu était du premier ordre et relativement rapide entre 150 et 270 °C. À 250 °C, si la vitesse spatiale est de 116,1 m^3/s par m^3 de catalyseur, le pourcentage de conversion du phénol est de 99,6 p. 100; et la présence de composés organiques intermédiaires dans le condensat est peu probable.

9.1.4.9 Osmose inverse (Fang, 1976). - Pour enlever le phénol présent dans l'eau, cette méthode s'avère prometteuse. Des membranes fabriquées de différents matériaux ont été utilisées, et les essais effectués pour déterminer leur pourcentage d'efficacité après un seul passage ont donné les résultats suivants: acétate de cellulose, 20 p. 100; polyéthylènimine, de 70 à 85 p. 100; bibenzimidazole et polyphénylènoxyde sulfoné, 20 p. 100; polyamides aromatiques, de 45 à 85 p. 100.

9.1.5 Élimination du polluant. - Le phénol inutilisable ne doit jamais être rejeté directement dans un égout ou dans les eaux de surface. Les déchets pollués par ce produit doivent être brûlés dans un incinérateur homologué (GE, 1980). Les boues résultant du traitement du polluant sur les lieux du déversement ou dans une installation de traitement des déchets peuvent être transportées dans une décharge sûre.

9.1.6 Filtration sur charbon (EPA 600/8-80-023). - L'équation de Freundlich pour l'adsorption a servi à calculer les valeurs recommandées (ci-dessous) pour l'élimination du phénol dans

l'eau à l'aide d'un contacteur à une seule étape utilisant du charbon en poudre ou d'une colonne d'adsorption sur du charbon granulaire. Les doses de charbon indiquées valent pour l'eau dont le pH est neutre.

Contact en une seule étape utilisant du charbon en poudre

Teneur initiale (mg/l)	Dose de charbon (mg/l)	Teneur finale (mg/l)
1,0	150	0,1
1,0	570	0,01
1,0	2000	0,001
0,1	52	0,01
0,1	200	0,001
0,01	18	0,001

Colonne d'adsorption sur du charbon granulaire (valeurs approximatives)

Teneur initiale (mg/l)	Dose nécessaire
1,0	47
0,1	17
0,01	5,8

9.1.7 Appareils et vêtements de protection. - Avant d'entrer dans une zone ou ni le produit déversé ni ses propriétés chimiques ne sont connus, il faut revêtir un scaphandre résistant aux agents chimiques et porter un appareil respiratoire isolant.

S'il s'avère que le produit déversé est du phénol:

- L'équipe d'intervention doit porter des vêtements étanches, des gants, des visières (de 20 cm au minimum) et toute autre pièce de vêtement requise pour prévenir le risque d'atteinte de la peau par du phénol à l'état solide ou liquide ou par une solution de phénol (NIOSH/OSHA, 1981);
- Le port de lunettes pour protéger de la poussière et des éclaboussures est conseillé s'il existe une possibilité que du phénol solide, liquide ou en solution atteigne les yeux (NIOSH/OSHA, 1981);
- Les matériaux de confection des vêtements de protection procurent un temps de protection variable: le caoutchouc de butyle et le néoprène, plus de 1 heure; le caoutchouc

naturel, le néoprène additionné de caoutchouc naturel, le polyéthylène et le polyéthylène chloré, environ 1 heure; le nitrile, l'alcool polyvinylique et le chlorure de polyvinyle, moins de 1 heure (Little, 1983);

- Les matériaux recommandés pour les gants sont le néoprène ou le polyéthylène (OHM-TADS, 1981);
- Les parties exposées des vêtements de protection ne devraient pas être en aluminium, en zinc ou en plomb ni faites d'un alliage (OHM-TADS, 1981);
- Le chloropel, le PVC (résistance acceptable) et le butyle (bonne résistance) conviennent le mieux pour la fabrication de combinaisons de protection contre le phénol (EE-20);
- En cas d'atteinte par une forte quantité de phénol, enlever les vêtements souillés sous une douche d'urgence et rester sous la douche jusqu'à ce que l'odeur du phénol soit complètement disparue (GE, 1980);
- Un vêtement non imperméable touché par le phénol doit être enlevé immédiatement et ne peut être porté à nouveau avant que le phénol n'ait été retiré (NIOSH/OSHA, 1981);
- On doit trouver sur les lieux de l'intervention des bains oculaires automatiques et des douches à fort débit, d'accès facile (GE, 1980).

Le lecteur trouvera dans le tableau qui suit une description de l'équipement minimal de protection des voies respiratoires que requiert une intervention sur les lieux d'un déversement de phénol (NIOSH/OSHA, 1981).

Protection minimale des voies respiratoires pour une teneur supérieure à 5 ppm

Situation	Équipement
Teneur des vapeurs ou des particules inférieures à 50 ppm	Tout respirateur à cartouche chimique, muni de cartouche contre les vapeurs organiques et de filtres à poussière et à brouillard. Tout respirateur à adduction d'air. Tout appareil respiratoire isolant.
100 ppm ou moins*	Un respirateur à cartouche chimique, muni d'un masque couvre-visage, de cartouches contre les vapeurs organiques et de filtres à poussière et à brouillard. Un masque à gaz, avec bidon filtrant fixé au masque, attaché dans le dos ou sur la poitrine pour absorber les vapeurs organiques et filtres à poussière et à brouillard. Tout respirateur à adduction d'air dans un masque couvre-visage, un casque ou une cagoule. Tout appareil respiratoire isolant muni d'un masque couvre-visage.
Plus de 100 ppm**, ou pénétration dans une zone à teneur inconnue, ou évacuation	Un appareil respiratoire isolant, muni d'un masque couvre-visage, alimenté en air sous pression par pulmo-commande ou par commande par pression.

Situation	Équipement
	Un appareil combiné comprenant un respirateur à adduction d'air de type C, muni d'un masque couvre-visage, à pulmo-commande, commande par pression ou à débit constant, et un respirateur isolant auxiliaire à pulmo-commande ou autre commande par pression.
Lutte contre un incendie	Un appareil respiratoire isolant muni d'un masque couvre-visage, à pulmo-commande ou commande par pression.
Évacuation d'urgence	Tout masque à gaz pouvant offrir une protection contre les vapeurs organiques et les particules. Tout appareil respiratoire isolant de type évacuation.

* Seul l'équipement homologué par le NIOSH ou l'OSHA doit être utilisé.

** Le port d'un scaphandre à adduction d'air peut être nécessaire pour éviter toute atteinte de la peau et protéger les voies respiratoires contre le phénol présent dans l'air; cet équipement ne devrait être choisi, utilisé et entretenu que sous la supervision de personnes ayant suivi une formation à cette fin. Lorsque la teneur en polluant dépasse 100 ppm, il faut ajouter un respirateur auxiliaire isolant alimenté en air sous pression, à commande par pression.

9.1.8 Entreposage. - Entreposer les récipients dans un local sec, frais et bien ventilé, à bonne distance des surfaces chauffées, des flammes nues et des sources d'inflammation. Le stockage à l'extérieur, dans un endroit à part, est préférable. Il devrait être interdit de fumer ou de manger là où du phénol est utilisé ou manipulé (GE, 1980).

Il est dangereux de surchauffer les wagons-citernes contenant du phénol, et toutes les précautions devraient être prises pour éviter que la température ne s'élève au-dessus de 60 °C. Placer les récipients de façon qu'ils soient à l'abri des dégradations. Éviter de faire tomber les fûts ou de les heurter (MCA, 1964).

9.2 Équipement, techniques et produits spécialisés d'intervention

La liste qui suit est extraite d'une étude publiée en 1982 par Dillon. Il ne s'agit pas d'une liste exhaustive. (Le lecteur trouvera dans l'étude citée des renseignements relatifs aux caractéristiques, à l'efficacité et à la disponibilité des articles énumérés.)

Confinement sur le sol	Système "MSAR" Dike-Pak Système Portafoam
Confinement sur l'eau	Barrage Sea Curtain
Entreposage temporaire	Système de sacs portatifs de collecte

Modification chimique et physique	Système "Zimmerman" d'oxydation par insufflation d'air en milieu liquide Dynactor
Enlèvement sur l'eau	Remorques mobiles de traitement physique et chimique (EPA)
Agents de traitement	Hazorb (sorbant) Polybac, système de dégradation des hydrocarbures à l'aide de bactéries mutantes

10 CAS DE DÉVERSEMENT ACCIDENTEL

10.1 Information générale

Des renseignements ont été recueillis sur un certain nombre de déversements de phénol. Le cas exposé ci-dessous a été choisi surtout en raison de l'importance de l'expérience acquise, qui pourra être utile en cas d'accident similaire.

10.2 Déraillement d'un train (PC TDWR, 1982; HMIR, 1981)

Un train ayant déraillé (en région éloignée), la presque totalité du contenu d'un wagon-citerne transportant 60 000 litres de phénol pur s'est répandue dans le lit d'un ruisseau à sec, tout près de la voie ferrée, polluant ainsi une aire d'environ 137 m de longueur sur 6 m de largeur (820 m^2).

Des équipes de nettoyage arrivèrent sur les lieux plusieurs heures plus tard et purent récupérer environ 11 000 litres de phénol qui restaient dans le wagon-citerne. Le polluant avait été absorbé par le sable, mais la présence d'un fond argileux l'avait empêché de pénétrer plus en profondeur. Des barrages de terre furent construits entre l'aire touchée et un lac voisin pour éviter que le phénol n'atteigne le lac. De l'hypochlorite de sodium fut utilisé momentanément, mais son efficacité comme agent neutralisant ne put été déterminée. Des échantillons de sol furent prélevés pour juger de la profondeur atteinte par le polluant et calculer la quantité de sol à enlever. Une fois les résultats des analyses obtenus, environ 1700 m^3 de sol pollué furent camionnés jusqu'à une station de traitement des déchets, à 290 km de là. Il avait fallu 10 jours pour enlever ce sol et procéder au nettoyage. Le périmètre touché fut ensuite recouvert de terre de remplissage fraîche pour le remettre dans son état original, puis semé. D'après les observations effectuées, aucun poisson n'est mort, et le lac n'a pas été touché.

La construction d'un barrage a empêché que le lac ne soit directement atteint par le phénol, et l'enlèvement du sol a évité une percolation à long terme. L'efficacité de l'hypochlorite de sodium comme agent de traitement du phénol n'a pas été mentionnée, mais les produits de la réaction sont probablement des chlorophénols, qui polluent plus que le phénol lui-même. En effet, l'augmentation du pH due à l'hypochlorite accroît la solubilité du phénol et facilite sa migration au sein des eaux souterraines.

11 IDENTIFICATION ET DOSAGE DU POLLUANT

Les méthodes d'analyse utilisées pour l'identification et le dosage des polluants chimiques d'intérêt prioritaire sont expliquées dans les lignes qui suivent.

Les méthodes décrites et les références signalées ont été choisies en fonction d'analyses d'échantillons d'air, d'eau et de sol devant être faites dans un laboratoire de chimie doté d'un équipement standard, éloigné du lieu d'où proviennent les prélèvements. Les auteurs ont consulté les sources habituelles exposant les méthodes normalisées ou recommandées, et décrit sommairement celles qui s'appliquent à chaque produit chimique. Parmi ces sources, on compte des publications du National Institute for Occupational Safety and Health des États-Unis (NIOSH), de l'Environmental Protection Agency des États-Unis (EPA), de l'American Water Works Association, de l'American Society for Testing and Materials et de l'American National Standards Institute.

Lorsque les méthodes normalisées ou recommandées ont été jugées fiables et suffisamment spécifiques pour l'analyse des échantillons provenant des matières déversées et du milieu touché et lorsqu'elles ne nécessitaient pas un équipement de laboratoire hautement spécialisé, nous n'avons pas cherché plus loin. Enfin, lorsque nous avons découvert des tests simples et fiables, couramment utilisés dans l'industrie, nous les avons signalés.

11.1 Dosage du polluant présent dans l'air (analyse quantitative)

11.1.1 Chromatographie en phase gazeuse (NIOSH, 1977). - La technique qui suit convient à l'analyse du phénol présent dans l'air à des teneurs comprises entre 9,46 mg/m^3 et 37,8 mg/m^3 (2,46 ppm et 9,83 ppm).

Un volume connu d'air est aspiré au travers d'un petit barboteur contenant 10 ml d'une solution d'hydroxyde de sodium 0,1 molaire (il est recommmandé de passer 100 l d'air à raison de 1 l/mn). Le liquide absorbant est ensuite transvasé quantitativement dans un ballon jaugé de 25 ml. On rince le barboteur avec deux portions de 1 ml d'eau distillée, que l'on ajoute au liquide dans le ballon. Après avoir ajouté 0,1 ml d'acide sulfurique concentré, on vérifie le pH de la solution, qui doit être inférieur à 4, et on ajoute de l'eau distillée jusqu'au trait.

On injecte ensuite 5 µl de la solution dans un chromatographe à gaz, muni d'un détecteur à ionisation de flamme et d'une colonne en acier inoxydable, de 4 pi de longueur et de 1/4 po de diamètre extérieur, garnie de Tenax de granulométrie 35 - 60. La surface comprise sous le pic est mesurée à l'aide d'un intégrateur électronique, et le calcul de la teneur en phénol se fait au moyen d'une courbe d'étalonnage. Les conditions de fonctionnement types sont les suivantes: débit du gaz vecteur (azote), 50 ml/mn; débit de l'hydrogène, 65 ml/mn; débit de l'aire, 500 ml/mn; température de la chambre d'injection, 215 °C; température du détecteur, 225 °C; température de la colonne, 200 °C.

11.2 Identification du polluant présent dans l'air (analyse quantitative)

À l'aide d'un tube détecteur Draeger pour le phénol, il est possible de déterminer la présence dans l'air de ce corps à des teneurs comprises entre 0 et 5 ppm. Un volume connu d'air est aspiré au travers d'un tube réactif au moyen d'une pompe conçue par Draeger pour déceler plusieurs gaz. Un changement de coloration, du gris pâle au bleu violet, indique la présence de phénol, qui réagit avec le dibromo-2,6-quinonechlorimide (Draeger, 1979).

11.3 Dosage du polluant présent dans l'eau (analyse quantitative)

11.3.1 Chromatographie gaz-liquide (ASTM, 1979). - Si la teneur de l'eau en phénol est supérieure à 1 ppm, il est possible de doser ce corps en injectant directement dans un chromatographe une portion de la solution aqueuse.

Un échantillon représentatif d'au moins 2 l est recueilli dans une bouteille de verre transparent munie d'un bouchon fileté recouvert d'aluminium en feuille ou de TFE (fluorocarbure). Il doit être gardé au frais et protégé de l'oxygène atmosphérique.

On injecte de 3 à 5 µl de l'échantillon dans un chromatographe à gaz muni d'un détecteur à ionisation de flamme et d'une colonne en acier inoxydable, de 10 pi de longueur et de 1/8 po de diamètre extérieur, garnie de Chromosorb de granulométrie 60 - 80, recouvert de Carbowax 20M-TPA à 20 p. 100. Si le temps de rétention coïncide avec celui du phénol pur, on mesure l'aire de pic à l'aide d'un intégrateur électronique et on calcule la teneur en polluant au moyen d'une courbe d'étalonnage. Les conditions de fonctionnement types sont les suivantes: débit du gaz vecteur (hélium), 25 ml/mn; débit de l'hydrogène, 25 ml/mn; température du détecteur, 250 °C; température de la colonne, 210 °C; température du four, 210 °C.

11.4 Identification du polluant présent dans l'eau (analyse quantitative)

Le prélèvement de l'échantillon se fait comme en 11.3.1. On ajoute 1 ml d'une solution diluée de chlorure ferrique à une petite portion de l'échantillon, et on agite pour mélanger. L'apparition d'une couleur vive (bleue, verte ou violette) indique la présence de phénol (Owen, 1969).

11.5 Dosage du polluant présent dans le sol (analyse quantitative)

11.5.1 Spectrophotométrie infrarouge (AWWA, 1981). - Cette technique permet de doser le phénol présent dans le sol à des teneurs variant entre 40 et 400 ppm.

Environ 20 g de sol, pesés avec exactitude, sont déposés dans un récipient de verre et séchés à l'aide de sulfate de magnésium. Le phénol est extrait au moyen de trois portions de 30 ml de Fréon 113 (trichloro-1,1,2-trifluoro-1,2,2-éthane), et les extraits sont réunis dans un ballon jaugé de 100 ml. La solution est diluée jusqu'au trait avec du Fréon 113.

On introduit l'échantillon dans l'une des deux cuves identiques d'un spectrophotomètre enregistreur à double faisceau (la cuve de référence contient du Fréon), et on explore la

gamme des fréquences comprises entre 3200 et 2700 cm^{-1}. Le dosage du phénol se fait à l'aide d'une courbe d'étalonnage.

11.6 Identification du polluant présent dans le sol (analyse qualitative)

L'échantillon est extrait selon le mode décrit en 11.5.1. On ajoute 1 ml d'une solution diluée de chlorure ferrique à une petite portion de l'échantillon, et on agite pour mélanger. L'apparition d'une couleur vive (bleue, verte ou violette) indique la présence de phénol (Owen, 1969).

12 RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE

(Reproduction intégrale de l'édition anglaise)

12.1 Références

AAR 1981: BDM Corporation, The AAR Hazardous Materials Data Base, prepared for the Association of American Railroads, Parts I and II, McLean, VA (May, 1981).

Alexander 1978: Alexander, D.G. and R.M., Clarke, "The Selection and Limitations of Phenol as a Reference Toxicant to Detect Differences in Sensitivity Among Groups of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*)", Water Res., Vol. 12, pp. 1085-1090 (1978).

ASS: Atlas Steel, Atlas Stainless Steels, Toronto, Ontario (not dated).

ASTM 1979: American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Part 31, Water, Philadelphia, PA, D2580, D1192, D3370 (1979).

ASTM 1980: American Society for Testing and Materials, Compilation of Odor and Taste Threshold Values Data, Philadelphia, PA, ASTM Data Series DS-48A (1980).

AWWA 1981: American Water Works Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 15th edition, American Public Health Association, Washington, DC, Method 503B (1981).

Bretherick 1979: Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, second edition, Butterworths, London, England (1979).

Bridie 1979: Bridie, A.L., C. Wolfe, and M. Winter, "The Acute Toxicity of Some Petrochemicals to Goldfish", Water Res., Vol. 13, pp. 623-626 (1979).

Brown 1967: Brown, V.M., O.G. Shurbin, and J.K. Fawell, "The Acute Toxicity of Phenol to Rainbow Trout in Saline Waters", Water Res., Vol. 1, pp. 587-594 (1967).

Brown 1968: Brown, V.M., "The Calculation of the Acute Toxicity of Mixtures of Poisons to Rainbow Trout", Water Res., Vol. 2, pp. 723-733 (1968).

Cairns 1978: Cairns, J. Jr. et al., Effects of Temperature on Aquatic Organism Sensitivity to Selected Chemicals, Virginia Polytechnic Inst., State University (1978).

CBG 1980: Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario (December, 1980).

CCPA 1983: The Canadian Chemical Producer's Association, private communication (1983).

CDS 1967: National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, TX (1967).

CG-D-38-76: Bauer, W.H., et al., Agents, Methods and Devices for Amelioration of Discharge of Hazardous Chemicals on Water, Rensselaer Polytechnic Institute for the U.S. Coast Guard, Washington, DC, CG-D-38-76 (August, 1975).

CG-D-56-78: Hand, T.D. et al., A Feasibility Study of Response Techniques for Discharges of Hazardous Chemicals that Sink, U.S. Coast Guard, Washington, DC, CG-D-56-78 (June, 1978).

Chem. Eng. 1975: Yaws, C.L., "Physical and Thermodynamic Properties", Chemical Engineering, Vol. 82, No. 23, pp. 119-127 (27 October, 1975).

CHRIS 1978: U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, DC (1978).

Corpus 1984: Corpus Information Services Ltd., "Phenol", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario (15 February, 1984).

CRC 1980: Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, OH (1980).

DCRG 1978: Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, MI (1978).

* Dillon 1982: M.M. Dillon Ltd., Survey of Countermeasures Systems for Hazardous Material Spills, Environment Canada, Ottawa, Canada (1982).

Doc. TLV 1981: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Documentation of Threshold Limit Values, Fourth Edition, Cincinnati, OH (1981).

Dow ERIS 1980: Dow Chemical Canada Inc., Emergency Response Information Sheet, Sarnia, Ontario (September, 1980).

Dow MSDS 1978: Dow Chemical Canada Inc., Material Safety Data Sheet, Sarnia, Ontario (15 September 1978).

Dow TED 1978: Dow Chemical Canada Inc., Transportation Equipment Data, Sarnia, Ontario (1978).

DPPED 1967: DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario (1967).

Drager 1979: Leichnitz, K. (ed.), "Air Investigations and Technical Gas Analysis with Drager Tubes", Detector Tube Handbook, fourth edition, Lubeck, Germany, p. 132 (1979).

* EE-20: Buchan, Lawton, Parent Ltd., A Survey of Self-Contained Breathing Apparatus and Totally-Encapsulated Chemical Protection Suits, Unedited version (not dated).

Ellis 1967: Ellis, M.M., "Detection and Measurement of Stream Pollution", Biology of Water Pollution, U.S. Department of Interior (FWPCA), pp. 129, 185 (1967).

EPA 68-01-0106: Mitchell, R.C., et al., Feasibility of Plastic Foam Plugs for Sealing Leaking Chemical Containers, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, OH, EPA 68-01-0106 (May, 1973).

EPA 600/2-77-227: Huibregtse, K.R. et al., Manual for the Control of Hazardous Material Spills - Volume One - Spill Assessment and Water Treatment Techniques, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, OH, EPA 600/2-77-227 (November, 1977).

* Publié également en français.

EPA 600/2-80-076: Hatayama, H.K., J.J. Chen, E.R. deVera, R.D. Stephens, and D.L. Storm, A Method for Determining the Compatibility of Hazardous Wastes, Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH (April, 1980).

EPA 600/8-80-023: Dobbs, R.A. and J.M. Cohen, Carbon Adsorption Isotherms for Toxic Organics, U.S. Environmental Protection Agency, Waste Water Research Division, Municipal Environmental Research Laboratory, Cincinnati, OH, EPA 600/8-80-023 (April, 1978).

EPA 600/8-80-042E: Treatability Manual, Volume V, Summary, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington, DC, EPA 600/8-80-042E (July, 1980).

EPA 670/2-75-042: Pilie, R.J. et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, OH, EPA 670/2-75-042 (June, 1975).

EPA 1980: Ambient Water Quality Criteria for Phenol, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, PB 81-117772 (1980).

ERG 1980: U.S. Department of Transportation, Hazardous Materials, 1980 Emergency Response Guidebook, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, DC (1980).

Fang 1976: Fang, N.N.P. and E.S.K. Chian, "Reverse Osmosis Separation of Polar Organic Compounds", Environ. Sci. Technol., Vol. 10, No. 4, pp. 364-369 (1976).

FKC 1975: Lowenheim, F.A. and M.K. Moran, Faith, Keye's and Clark's Industrial Chemicals, Wiley-Interscience, New York, NY (1975).

GE 1980: General Electric Company, Material Safety Data Sheet, "Phenol", Material Safety Information Services, Schenectady, NY (September, 1980).

GF: GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, CA (not dated).

GPP: Uniroyal Inc., Guide to Polymer Properties, Mishawaka, IN (not dated).

* Guidelines/Canadian/Water 1978: Federal-Provincial Working Group on Drinking Water of the Federal-Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health, Guidelines for Canadian Drinking Water Quality 1978, Ministry of National Health and Welfare, Ottawa, Canada (1978).

Hansch and Leo 1979: Hansch, C. and A. Leo, Substitute Constants for Correlation Analysis in Chemistry and Biology, John Wiley & Sons Inc., New York, NY (1979).

HMIR 1981: World Information Systems, "Texas Phenol Spill", Hazardous Material Intelligence Report, pp. 6-7 (7 August, 1981).

HP 1979: United States Steel Corporation, Handling Phenol, Pittsburgh, PA (1979).

ICI 1982: Imperial Chemical Industries (ICI), Treatment of Organic Compounds, Appendix 7, Cheshire, England (April, 1982).

* Publié également en français.

Indus. Eng. Chem. 1973: Walsh, M.A. and J.R. Katzer, "Catalytic Oxidation of Phenol in Dilute Concentration in Air", Indus. Eng. Chem., Process Design Development, Vol. 12, p. 477 (1973).

ITII 1981: International Technical Information Institute, Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual for Handling and Disposal with Toxicity and Hazard Data, Japan (1981).

JAWA 1975: Spicher, R.G. and R.T. Skrinde, "Phenol Degradation with Permanganate Treatment", J. Amer. Water Assoc., Vol. 57, No. 4, pp. 472-484 (April, 1975).

Johnson 1983: Johnson, L.D. and J.C. Young, "Inhibition of Anaerobic Digestion by Organic Priority Pollutants", J. Water Pollut. Control Fed., Vol. 55, No. 12, pp. 1441-1449 (1983).

Jones 1971: Jones, H.R., Environmental Control in the Organic and Petrochemical Industries, Noyes Data Corporation, Park Ridge, NJ, pp. 88-125 (1971).

JSSV 1979: Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, NY (1979).

JWPCF 1977: Journal of the Water Pollution Control Federation, Vol. 49, No. 6, p. 1456 (1977).

JWPCF 1979: Journal of the Water Pollution Control Federation, Vol. 51, No. 6, p. 1634 (1979).

JWPCF 1980: Journal of the Water Pollution Control Federation, Vol. 52, No. 6, p. 1675 (1980).

JWPCF 1981: Journal of the Water Pollution Control Federation, Vol. 53, No. 6, pp. 937, 1043-1044 (1981).

JWPCF 1982: Journal of the Water Pollution Control Federation, Vol. 54, No. 6, pp. 894-895 (1982).

JWPCF 1983: Journal of the Water Pollution Control Federation, Vol. 55, No. 6, p. 850 (1983).

Kirk-Othmer 1982: Grayson, M. and D. Eckroth, (eds.), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Third Edition, Vol. 17, John Wiley & Sons Inc., New York, NY (1982).

Klein 1957: Klein, L., Aspects of River Pollution, Academic Press Inc., New York, NY (1957).

Lange's Handbook 1979: Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th edition, McGraw-Hill Book Company Inc., New York, NY (1979).

Little 1983: Little, A.D. (ed.), Relationship Between Organic Chemical Pollution of Fresh Water and Health, A.D. Little Inc., Cambridge, MA (1983).

Maier 1973: Maier, J.P. and D.W. Turner, J. Chem. Soc. Far. Trans. II, Vol. 69, p. 521 (1973).

Mattson 1976: Mattson, V.R., J.W. Arthur and C.T. Waldbridge, Acute Toxicity of Selected Organic Compounds to Fathead Minnows, U.S. Environmental Protection Agency, Duluth, MN, EPA 600/3-76-097 (1976).

MCA 1964: Manufacturing Chemists Association, Chemical Safety Data Sheet, "Phenol", Washington, DC (1964).

Merck 1976: Windholz, M., S. Budavari, L.Y. Stroumtsos, and M.N. Fertig, (eds.), The Merck Index, Ninth Edition, Merck & Co. Inc., Rahway, NJ (1976).

Middlebrooks 1973: Middlebrooks, E.J., M.J. Garpor, R.D. Caspar, J.H. Reynolds, and D.N. Procella, Effects of Temperature on the Toxicity to Aquatic Biota of Waste Discharge - A Compilation of the Literature, NTIS PB-239 127 (October, 1973).

Miller 1975: Miller, D.L. and D.M. Ogilvie, "Temperature Selection in Brook Trout (*Salvelinus fontinalis*) Following Exposure to DDT, PCB or Phenol", Bull. Environ. Contam. Toxicol., Vol. 14, p. 545 (1975).

Mitrovic 1968: Mitrovic, V.V., V.M. Brown, D.G. Shurben and M. Berryman, "Some Pathological Effects of Sub-Acute and Acute Poisoning of Rainbow Trout by Phenol in Hard Water", Water Res., Vol. 2, pp. 249-254 (1968).

MWPP 1978: Rehau, Mechan-O-Joint Water Pressure Pipe and Fittings, Montreal, Quebec (1978).

NFPA 1978: National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, seventh edition, Boston, MA (1978).

NIOSH 1976: National Institute for Occupational Safety and Health, Criteria for a Recommended Standard - Occupational Exposure to Phenol, U.S. Department of Health, Education and Welfare, Cincinnati, OH (1976).

NIOSH 1977: National Institute for Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, second edition, Vol. 3, S. 330, Cincinnati, OH (April, 1977).

NIOSH Guide 1978: U.S. Department of Health, Education and Welfare, Pocket Guide to Chemical Hazards, U.S. Department of Health, Education and Welfare, and U.S. Department of Labor, Washington, DC (1978).

NIOSH/OSHA 1981: U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards, NIOSH Publication No. 81-123 (1981).

OGJ 1975: FMC Corp., "Phenols in Refinery Waste Water Can Be Oxidized with Hydrogen Peroxide", Oil and Gas Journal (20 January, 1975).

OHM-TADS 1981: Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, DC (1981).

Ontario E.P. Act 1971: Ontario Ministry of the Environment, "The Environmental Protection Act, Statutes of Ontario 1971", Chapter 86, as amended; and Regulation 15 (General) as amended (1971).

Owen 1969: Owen, T.C., Characterization of Organic Compounds by Chemical Methods, Marcel Dekker Inc., New York, NY, pp. 152-153 (1969).

Patty 1981: Clayton, G.D. and F.E. Clayton, (eds.), Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, Vols. 2A, 2B, third revised edition, John Wiley and Sons Canada Limited, Toronto, Ontario (1981).

PC 1982: personal communication, United States Steel Corporation, Pittsburgh, PA (February, 1982).

PC TDWR 1982: Personal Communication, Texas Department of Water Resources, Dallas, TX (22 January, 1982).

Perry 1973: Perry, R.H. and C.H. Chilton, (eds.), Chemical Engineer's Handbook, fifth edition, McGraw-Hill Book Company Inc., New York, NY (1973).

Phenol EPA Criteria 1978: Phenol: Ambient Water Quality Criteria, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC (1978).

Phipps 1981: Phipps, G.L., G.W. Holcombe and J.T. Fiandt, "Acute Toxicity of Phenol and Substituted Phenols to the Fathead Minnow", Bull. Environ. Contam. Toxicol., Vol. 26, No. 5, pp. 585-593 (1981).

Portman 1970: Portman, J.E., The Toxicity of 120 Substances to Marine Organisms, Shellfish Information Leaflet, Fisheries Experimental Station, Conway, N. Wales; Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (September, 1970).

Price 1974: Price, K.S., G.T. Waggy and R.A. Conway, "Brine Shrimp Bioassay and Seawater BOD of Petrochemicals", J. Water Pollut. Control Fed., Vol. 46, No. 1 (January, 1974).

Reynolds 1973: Reynolds, J.H. et al., "Continuous Flow Kinetic Model to Predict the Effects of Temperature on the Toxicity of Oil Refinery Waste to Algae", Eng. Bull. Purdue University, Ser. 142, Vol. 259 (1973).

* RTDCR 1974: Canadian Transport Commission, Regulations for the Transportation of Dangerous Commodities by Rail, published by Supply and Services Canada, Ottawa, Ontario (1974).

RTECS 1979: Lewis, R.J. and R.L. Tatken, Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, OH (September, 1980).

Ryerman 1966: Ryerman, D.W., A.V.S. Prabhakara Rho, and J.C. Jr. Buzzel, Behaviour of Organic Chemicals in the Aquatic Environment, Manufacturing Chemists Association, Washington, DC (1966).

Sax 1979: Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, fifth edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY (1979).

Sax 1981: Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials Report, Vol. 1, No. 4, p. 79 (May/June, 1981).

---

* Publié également en français.

Scott 1979: Scott's Industrial Directory of Ontario Manufacturers, 12th edition, Penstock Directories Limited, Oakville, Ontario (1979).

Sloof 1979: Sloof, W., "Detection Limits of a Biological Monitoring System Based on Fish Respiration", Bull. Environ. Contam. Toxicol., Vol. 23, pp. 517-523 (1979).

Streeter 1971: Streeter, V.L., Fluid Mechanics, fifth edition, McGraw-Hill Book Company Inc., New York, NY (1971).

Sussex 1977: Pedley, J.B. and J. Rylance, Sussex-N.P.L. Computer Analysed Thermochemical Data: Organic and Organometallic Compounds, University of Sussex, Sussex, Brighton, England (1977).

TCM 1979: General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, IL (May, 1979).

* TDGC 1980: Transport Canada, Transportation of Dangerous Goods Code, Vol. 1 (Lists), Vol. 2, Ottawa, Canada (June, 1980).

Temple 1978: Temple, R.E. et al., "A New Universal Sorbent for Hazardous Spills", Proceedings of 1978 National Conference on Control of Hazardous Materials (1978).

TLV 1983: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLV®s Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended Changes for 1983-84, Cincinnati, OH (1983).

Todd 1970: Todd, D.K., The Water Encyclopedia, Maple Press, Port Washington, NY (1970).

TPS 1978: GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, CA (1978).

TSA 1980: Shuckrow, A.J., A.P. Pajak, and J.W. Osheka, Concentration Technologies for Hazardous Aqueous Waste Treatment, Touhill, Shuckrow and Associates Inc., Pittsburgh, PA (1980).

Ullmann 1975: Ullmanns Encyklopaedie der technischen Chemie, Verlag Chemie, Weinheim (1975).

USS 1979: USS Chemicals, Handling USS Phenol, United States Steel Corporation (March, 1979).

Verma 1982: Verma, S.R., S. Rani, and R.S. Delela, "Effect of Phenol on In Vivo Activity of Tissue Transaminases in the Fish *Notopterus notopterus*", Ecotox Environ. Safety, Vol. 6, pp. 171-176 (1982).

Verschueren 1984: Verschueren, K., Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY (1984).

Water Management Goals 1978: Ontario Ministry of the Environment, Water Management Goals, Policies, Objectives and Implementation Procedures for the Ministry of the Environment, Toronto, Ontario (November, 1978).

* Publié également en français.

Wilber 1969: Wilber, C.G., The Biological Aspects of Water Pollution, Charles C. Thomas, Springfield, IL (1969).

WQC 1963: McKee, J.E. and H.W. Wolf, Water Quality Criteria, second edition, Resources Agency of California, State Water Quality Control Board (1963).

WQCDB-5 1973: Water Quality Criteria Data Book: Effects of Chemicals on Aquatic Life, Vol. 5, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, DC (September, 1973).

WQS 1979: McNeily, R.N., V.P. Neimans, and L. Dwyer, Water Quality Sourcebook: A Guide to Water Quality Parameters, Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Environment Canada, Ottawa, Canada (1979).

Yaws 1975: Yaws, C.L. and J.L. Liang, "Three Benzene Derivatives", Chemical Engineering, pp. 114-127 (October 27, 1975).

12.2 Bibliographie

Alexander, D.G. and R.M. Clarke, "The Selection and Limitations of Phenol as a Reference Toxicant to Detect Differences in Sensitivity Among Groups of Rainbow Trout (*Salmo gairdnerii*)", Water Res., Vol. 12, pp. 1085-1090 (1978).

Ambient Water Quality Criteria for Phenol, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, PB 81-117772 (1980).

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Documentation of Threshold Limit Values, fourth edition, Cincinnati, OH (1981).

American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLV•s Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended Changes for 1983-84, Cincinnati, OH (1983).

American Society for Testing and Materials, Compilation of Odor and Taste Threshold Values Data, ASTM, Philadelphia, PA, ASTM Data Series DS-48A (1980).

American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Part 31, Water, Philadelphia, PA, D2580, D1192, D3370 (1979).

American Water Works Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 15th edition, American Public Health Association, Washington, DC, Method 503B (1981).

Atlas Steel, Atlas Stainless Steels, Toronto, Ontario (not dated).

Bauer, W.H. et al., Agents, Methods and Devices for Amelioration of Discharge of Hazardous Chemicals on Water, Rensselaer Polytechnic Institute for the U.S. Coast Guard, Washington, DC, CG-D-38-76 (August, 1975).

BDM Corporation, The AAR Hazardous Materials Data Base, Prepared for the Association of American Railroads, Parts I and II, McLean, VA (May, 1981).

Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, second edition, Butterworths, London, England (1979).

Bridie, A.L., C. Wolfe, and M. Winter, "The Acute Toxicity of Some Petrochemicals to Goldfish", Water Res., Vol. 13, pp. 623-626 (1979).

Brown, V.M., "The Calculation of the Acute Toxicity of Mixtures of Poisons to Rainbow Trout", Water Res., Vol. 2, pp. 723-733 (1968).

Brown, V.M., O.G. Shurbin, and J.K. Fawell, "The Acute Toxicity of Phenol to Rainbow Trout in Saline Waters", Water Res. Vol. 1, pp. 587-594 (1967).

* Buchan, Lawton, Parent Ltd., A Survey of Self-Contained Breathing Apparatus and Totally-Encapsulated Chemical Protection Suits, Unedited version (not dated).

Cairns, J. Jr., et al., Effects of Temperature on Aquatic Organism Sensitivity to Selected Chemicals", Virginia Polytechnic Inst., State University (1978).

The Canadian Chemical Producers' Association, Private Communication (1983).

* Canadian Transport Commission, Regulations for the Transportation of Dangerous Commodities by Rail, published by Supply and Services Canada, Ottawa, Ontario (1974).

Clayton, G.D. and F.E. Clayton, (eds.), Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, Vols. 2A, 2B, Third Revised Edition, John Wiley and Sons Canada Limited, Toronto, Ontario (1981).

Corpus Information Services Ltd., "Phenol", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario (15 February, 1984).

Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th edition, McGraw-Hill Book Company Inc., New York, NY (1979).

* M.M. Dillon Ltd., Survey of Countermeasures Systems for Hazardous Material Spills, Environment Canada, Ottawa, Canada (1982).

Dobbs, R.A. and J.M. Cohen, Carbon Adsorption Isotherms for Toxic Organics, U.S. Environmental Protection Agency, Waste Water Research Division, Municipal Environmental Research Laboratory, Cincinnati, OH, EPA 600/8-80-023 (April, 1978).

DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario (1967).

Dow Chemical Canada Inc., Emergency Response Information Sheet, Sarnia, Ontario (September, 1980).

Dow Chemical Canada Inc., Material Safety Data Sheet, Sarnia, Ontario (15 September, 1978).

Dow Chemical Canada Inc., Transportation Equipment Data, Sarnia, Ontario (1978).

Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, MI (1978).

---

* Publié également en français.

Ellis, M.M., "Detection and Measurement of Stream Pollution", Biology of Water Pollution, U.S. Department of Interior (FWPCA), pp. 129, 185 (1967).

Fang, N.N.P. and E.S.K. Chian, "Reverse Osmosis Separation of Polar Organic Compounds", Environ. Sci. Technol., Vol. 10, No. 4, pp. 364-369 (1976).

* Federal-Provincial Working Group on Drinking Water of the Federal-Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health, Guidelines for Canadian Drinking Water Quality 1978, Ministry of National Health and Welfare, Ottawa, Canada (1978).

FMC Corp., "Phenols in Refinery Waste Water Can Be Oxidized with Hydrogen Peroxide", Oil and Gas Journal (20 January, 1975).

General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, IL (May, 1979).

General Electric Company, Material Safety Data Sheets, "Phenol", Material Safety Information Services, Schenectady, NY (September, 1980).

GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, CA (not dated).

Grayson, M. and D. Eckroth, (eds.), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, third edition, Vol. 17, John Wiley & Sons Inc., New York, NY (1982).

GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, CA (1978).

Hand, T.D. et al., A Feasibility Study of Response Techniques for Discharges of Hazardous Chemicals that Sink, U.S. Coast Guard, Washington, DC, CG-D-56-78 (June, 1978).

Hansch, C. and A. Leo, Substitute Constants for Correlation Analysis in Chemistry and Biology, John Wiley & Sons Inc., New York, NY (1979).

Hatayama, H.K., J.J. Chen, E.R. deVera, R.D. Stephens, and D.L. Storm, A Method for Determining the Compatibility of Hazardous Wastes, Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH (April, 1980).

Huibregtse, K.R. et al., Manual for the Control of Hazardous Material Spills - Volume One - Spill Assessment and Water Treatment Techniques, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, OH, EPA 600/2-77-227 (November, 1977).

Imperial Chemical Industries (ICI), Treatment of Organic Compounds, Appendix 7, Cheshire, England (April, 1982).

International Technical Information Institute, Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual for Handling and Disposal with Toxicity and Hazard Data, Japan (1981).

Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, NY (1979).

Johnson, L.D. and J.C. Young "Inhibition of Anaerobic Digestion by Organic Priority Pollutants", J. Water Pollut. Control Fed., Vol. 55, No. 12, pp. 1441-1449 (1983).

* Publié également en français.

Jones, H.R., Environmental Control in the Organic and Petrochemical Industries, Noyes Data Corporation, Park Ridge, NJ, pp. 88-125 (1971).

Journal of the Water Pollution Control Federation, Vol. 49, No. 6, p. 1456 (1977).

Journal of the Water Pollution Control Federation, Vol. 51, No. 6, p. 1634 (1979).

Journal of the Water Pollution Control Federation, Vol. 52, No. 6, p. 1675 (1980).

Journal of the Water Pollution Control Federation, Vol. 53, No. 6, pp. 937, 1043-1044 (1981).

Journal of the Water Pollution Control Federation, Vol 54, No. 6, pp. 894-895 (1982).

Journal of the Water Pollution Control Federation, Vol. 55, No. 6, p. 850 (1983).

Klein, L., Aspects of River Pollution, Academic Press Inc., New York, NY (1957).

Leichnitz, K. (ed.), "Air Investigations and Technical Gas Analysis with Drager Tubes", Detector Tube Handbook, fourth edition, Lubeck, Germany, p. 132 (1979).

Lewis, R.J. and R.L. Tatken, Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, OH (September, 1980).

Little, A.D. (ed.), Relationship Between Organic Chemicl Poliution and Fresh Water and Health, A.D. Little Inc., Cambridge, MA (1983).

Lowenheim, F.A. and M.K. Moran, Faith, Keye's and Clark's Industrial Chemicals, Wiley-Interscience, New York, NY (1975).

Maier, J.P. and D.W. Turner, J. Chem. Soc. Far. Trans. II, Vol. 69, p. 521 (1973).

Manufacturing Chemists Association, Chemical Safety Data Sheet, "Phenol", Washington, DC (1964).

Mattson, V.R., J.W. Arthur and C.T. Waldbridge, Acute Toxicity of Selected Organic Components to Fathead Minnows, U.S. Environmental Protection Agency, Duluth, MN, EPA 600/3-76-097 (1976).

McKee, J.E. and H.W. Wolf, Water Quality Criteria, second edition, Resources Agency of California, State Water Quality Control Board (1963).

* McNeily, R.N., V.P. Neimans and L. Dwyer, Water Quality Sourcebook: A Guide to Water Quality Parameters, Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Environment Canada, Ottawa, Canada (1979).

Middlebrooks, E.J., M.J. Garpor, R.D. Caspar, J.H. Reynolds and D.N. Procella, Effects of Temperature on the Toxicity to Aquatic Biota of Waste Discharge - A Compilation of the Literature, NTIS PB-239 127 (October, 1973).

Miller, D.L. and D.M. Ogilvie, "Temperature Selection in Brook Trout (*Salvelinus fontinalis*) Following Exposure to DDT, PCB or Phenol", Bull. Environ. Contam. Toxicol., Vol. 14, p. 545 (1975).

* Publié également en français.

Mitchell, R.C. et al., Feasibility of Plastic Foam Plugs for Sealing Leaking Chemical Containers, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, OH, EPA 68-01-0106 (May, 1973).

Mitrovic, V.V., V.M. Brown, D.G. Shurben and M. Berryman, "Some Pathological Effects of Sub-Acute and Acute Poisoning of Rainbow Trout by Phenol in Hard Water", Water Res., Vol. 2, pp. 249-254 (1968).

National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, TX (1967).

National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, MA (1978).

National Institute for Occupational Safety and Health, Criteria for a Recommended Standard - Occupational Exposure to Phenol, U.S. Department of Health, Education and Welfare, Cincinnati, OH (1976).

National Institute for Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 3, S. 330, Cincinnati, OH (April, 1977).

Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, DC (1981).

Ontario Ministry of the Environment, "The Environmental Protection Act, Statutes of Ontario 1971", Chapter 86, as amended; and Regulation 15 (General) as amended (1971).

Ontario Ministry of the Environment, Water Management Goals, Policies, Objectives and Implementation Procedures for the Ministry of the Environment, Toronto, Ontario (November, 1978).

Owen, T.C., Characterization of Organic Compounds by Chemical Methods, Marcel Dekker, Inc., New York, NY, pp. 152-153 (1969).

Pedley, J.B. and J. Rylance, Sussex-N.P.L. Computer Analysed Thermochemical Data: Organic and Organometallic Compounds, University of Sussex, Sussex, Brighton, England (1977).

Perry, R.H. and C.H. Chilton, (eds.), Chemical Engineer's Handbook, fifth edition, McGraw-Hill Book Company Inc., New York, NY (1973).

Personal Communication, Texas Department of Water Resources, Dallas, TX (22 January 1982).

Personal Communication, United States Steel Corporation, Pittsburgh, PA (February, 1982).

Phenol: Ambient Water Quality Criteria, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC (1978).

Phipps, G.L., G.W. Holcombe and J.T. Fiandt, "Acute Toxicity of Phenol and Substituted Phenols to the Fathead Minnow", Bull. Environ. Contam. Toxicol., Vol. 26, No. 5, pp. 585-593 (1981).

Ullmanns Encyklopedie des technischen Chemie, Verlag Chemie, Weinheim (1975).

Uniroyal Inc., Guide to Polymer Properties, Mishawaka, IN (not dated).

United States Steel Corporation, Handling Phenol, Pittsburgh, PA (1979).

USS Chemicals, Handling USS Phenol, United States Steel Corporation (March, 1979).

U.S. Department of Health, Education and Welfare, Pocket Guide to Chemical Hazards, U.S. Department of Health, Education and Welfare, and U.S. Department of Labor, Washington, DC (1978).

U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards, NIOSH Publication No. 81-123 (1981).

U.S. Department of Transportation, Hazardous Materials, 1980 Emergency Response Guidebook, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, DC (1980).

U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, DC (1978).

Verma, S.R., S. Rani and R.S. Dalela, "Effect of Phenol on In Vivo Activity of Tissue Transaminases in the Fish *Notopterus notopterus*", Ecotox Environ. Safety, Vol. 6, pp. 171-176 (1982).

Verschueren, K., Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY (1984).

Walsh, M.A. and J.R. Katzer, "Catalytic Oxidation of Phenol in Dilute Concentration in Air", Indus. Eng. Chem., Process Design Development, Vol. 12, p. 477 (1973).

Water Quality Criteria Data Book: Effects of Chemicals on Aquatic Life, Vol. 5, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, DC (September, 1973).

Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, OH (1980).

Wilber, C.G., The Biological Aspects of Water Pollution, Charles C. Thomas, Springfield, IL (1969).

Windholz, M., S. Budavari, L.Y. Stroumtsos, and M.N. Fertig, (eds.), The Merck Index, ninth edition, Merck & Co. Inc., Rahway, NJ (1976).

World Information Systems, "Texas Phenol Spill", Hazardous Material Intelligence Report, pp. 6-7 (7 August 1981).

Yaws, C.L., "Physical and Thermodynamic Properties", Chemical Engineering, Vol. 82, No. 23, pp. 119-127 (27 October 1975).

Yaws, C.L. and J.L. Liang. "Three Benzene Derivatives", Chemical Engineering, pp. 114-127 (October, 1975).

Pilie, R.J. et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, OH, EPA 670/2-75-042 (June, 1975).

Portman, J.E., The Toxicity of 120 Substances to Marine Organisms, Shellfish Information Leaflet, Fisheries Experimental Station, Conway, N. Wales, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (September, 1970).

Price, K.S., G.T. Waggy and R.A. Conway, "Brine Shrimp Bioassay and Seawater BOD of Petrochemicals", J. Water Pollut. Control Fed., Vol. 46, No. ! (January, 1974).

Rehau, Mechan-O-Joint Water Pressure Pipe and Fittings, Montreal, Quebec (1978).

Reynolds, J.H. et al., "Continuous Flow Kinetic Model to Predict the Effects of Temperature on the Toxicity of Oil Refinery Waste to Algae", Eng. Bull. Purdue University, Ser. 142, p. 259 (1973).

Ryerman, D.W., A.V.S. Prabhakara Rho, and J.C. Jr. Buzzel, Behaviour of Organic Chemicals in the Aquatic Environment, Manufacturing Chemists Association, Washington, DC (1966).

Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, fifth edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY (1979).

Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials Report, Vol. 1, No. 4, p. 79 (May/June, 1981).

Scott's Industrial Directory of Ontario Manufacturers, 12th edition, Penstock Directories Limited, Oakville, Ontario (1979).

Shuckrow, A.J., A.P. Pajak and J.W. Osheka, Concentration Technologies for Hazardous Aqueous Waste Treatment, Touhill, Shuckrow and Associates, Inc., Pittsburgh, PA (1980).

Sloof, W., "Detection Limits of a Biological Monitoring System Based on Fish Respiration", Bull. Environ. Contam. Toxicol., Vol. 23, pp. 517-523 (1979).

Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario (December 1980).

Spicher, R.G. and R.T. Skrinde, "Phenol Degradation with Permanganate Treatment", J. Amer. Water Assoc., Vol. 57, No. 4, pp. 472-484 (April, 1975).

Streeter, V.L., Fluid Mechanics, fifth edition, McGraw-Hill Book Company Inc., New York, NY (1971).

Temple, R.E. et al., "A New Universal Sorbent for Hazardous Spills", Proceedings of 1978 National Conference on Control of Hazardous Materials (1978).

Todd, D.K., The Water Encyclopedia, Maple Press, Port Washington, NY (1970).

* Transport Canada, Transportation of Dangerous Goods Code, Vol. 1 (Lists), Vol. 2, Ottawa, Canada (June, 1980).

Treatability Manual, Volume V, Summary, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington, DC, EPA 600/8-80-042E (July, 1980).

* Publié également en français.